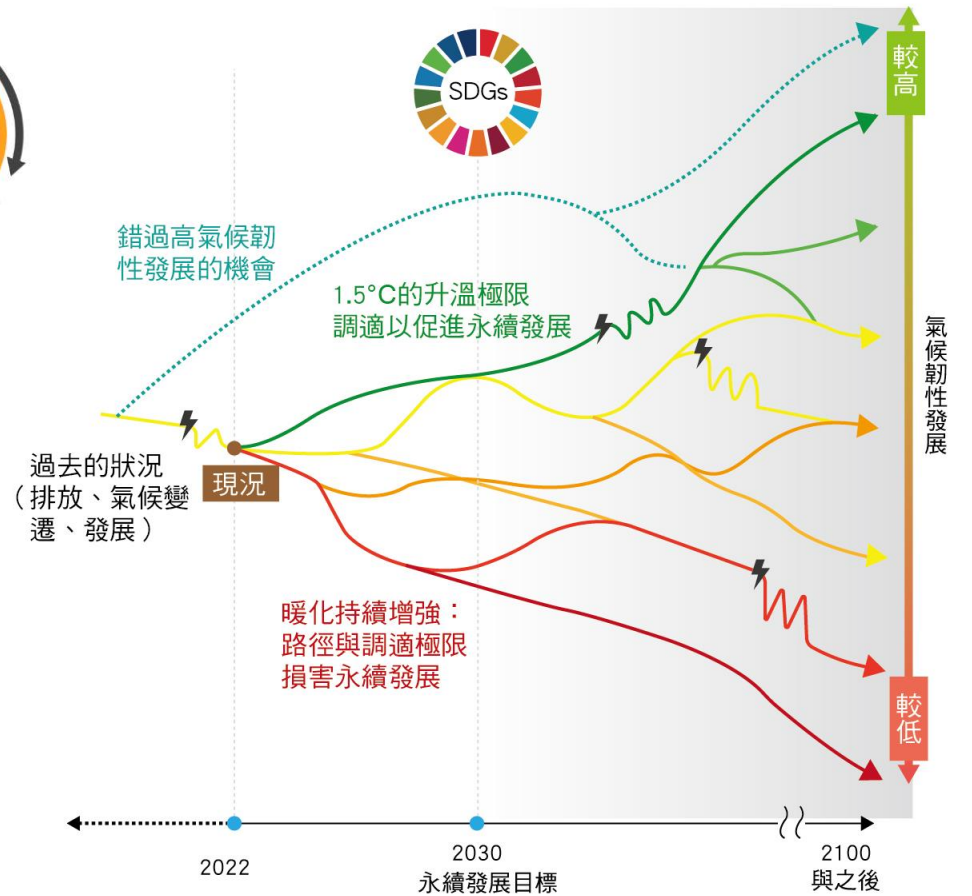
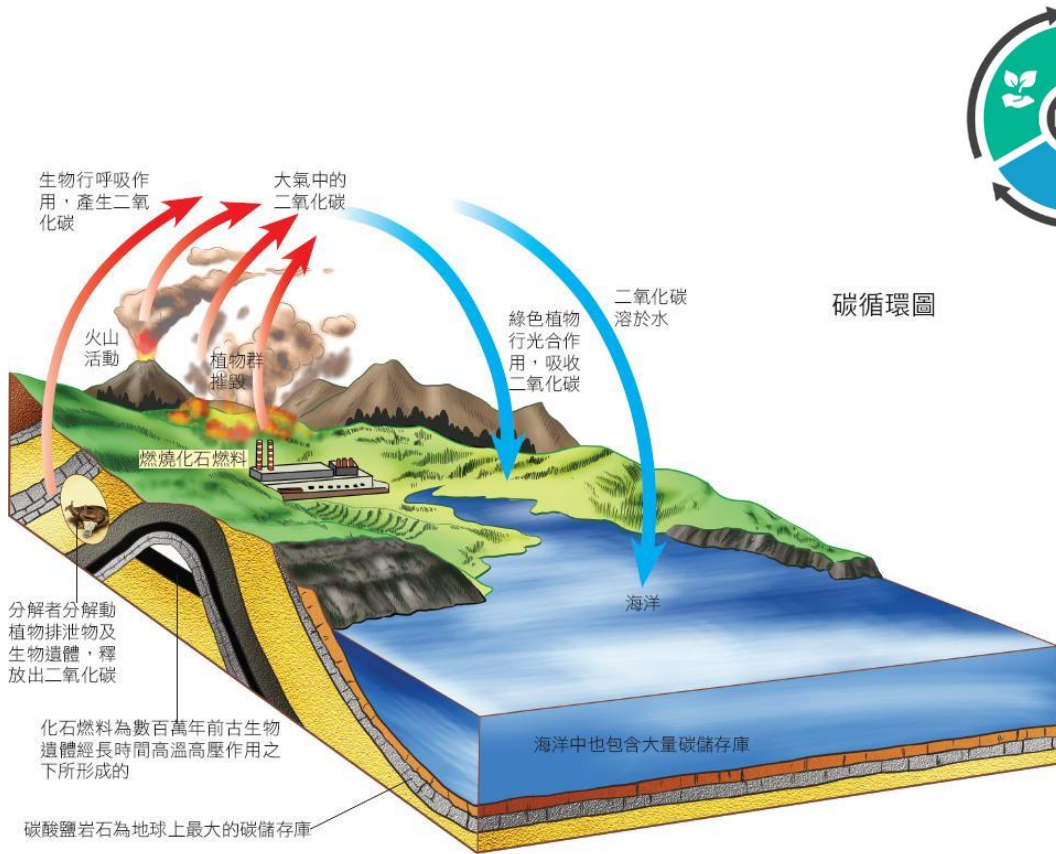


# 氣候變遷與企業永續的關聯

## 從不同類別與尺度的系統看待互動與前景



葉欣誠 國立臺灣師範大學永續管理與環境教育研究所

2024 中華系統動力學學會年會暨研討會 2024/06/16

# 鑑古知今：不同發展軸線的歷史交會

## 永續發展



270 ppm

330 ppm

400 ppm

424 ppm

# 鑑古知今：不同發展軸線的歷史交會

永續發展、氣候變遷



270 ppm

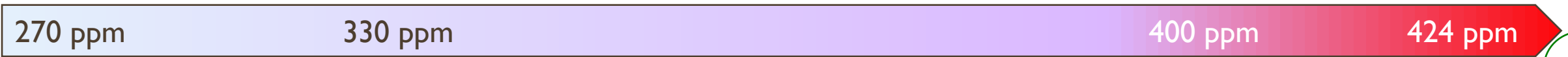
330 ppm

400 ppm

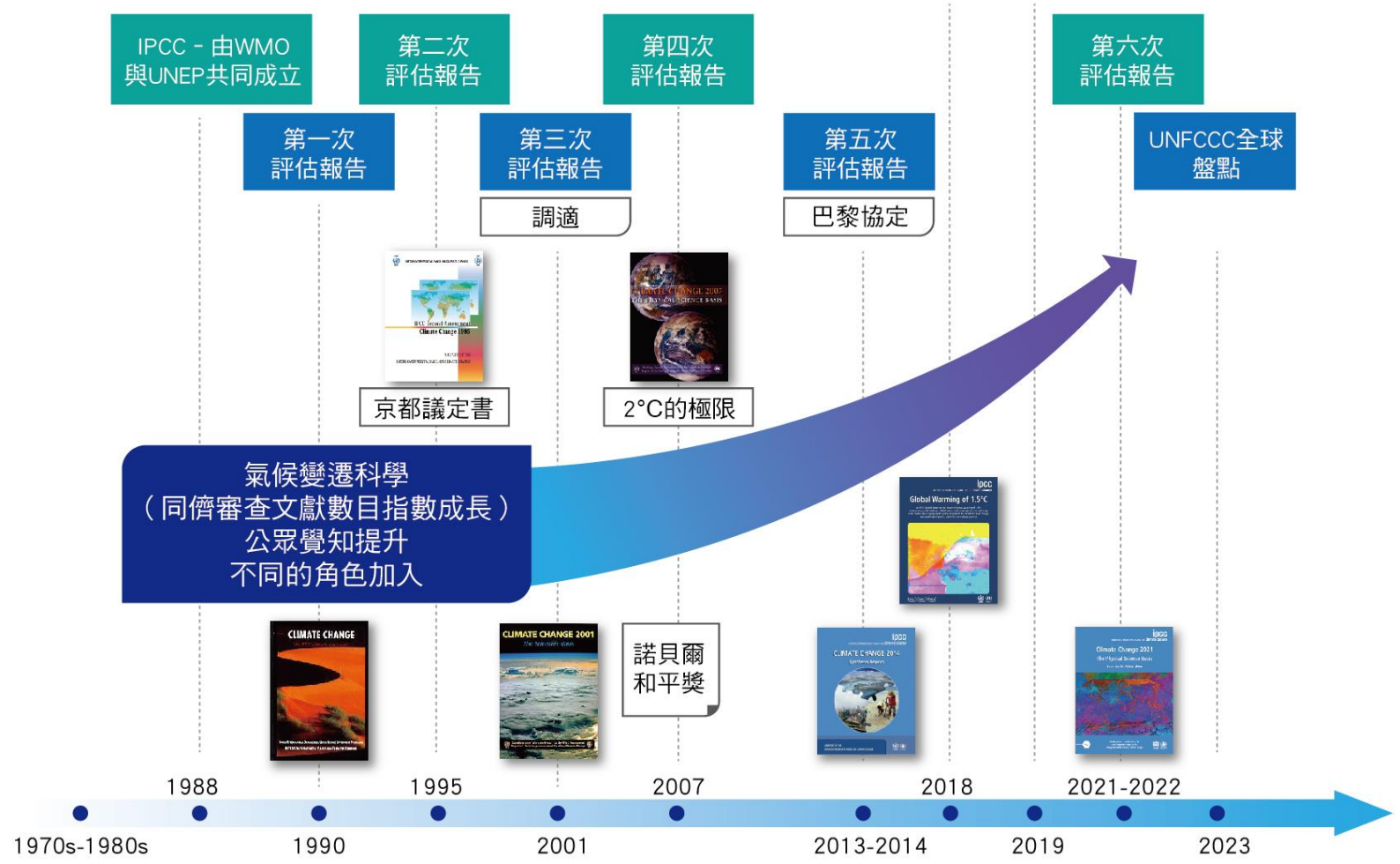
424 ppm

# 鑑古知今：不同發展軸線的歷史交會

永續發展、氣候變遷、企業責任



# 氣候報告的演變與前景



改繪自：IPCC, History of the IPCC, <http://www.ipcc.ch/about/history>

# 團結在科學下

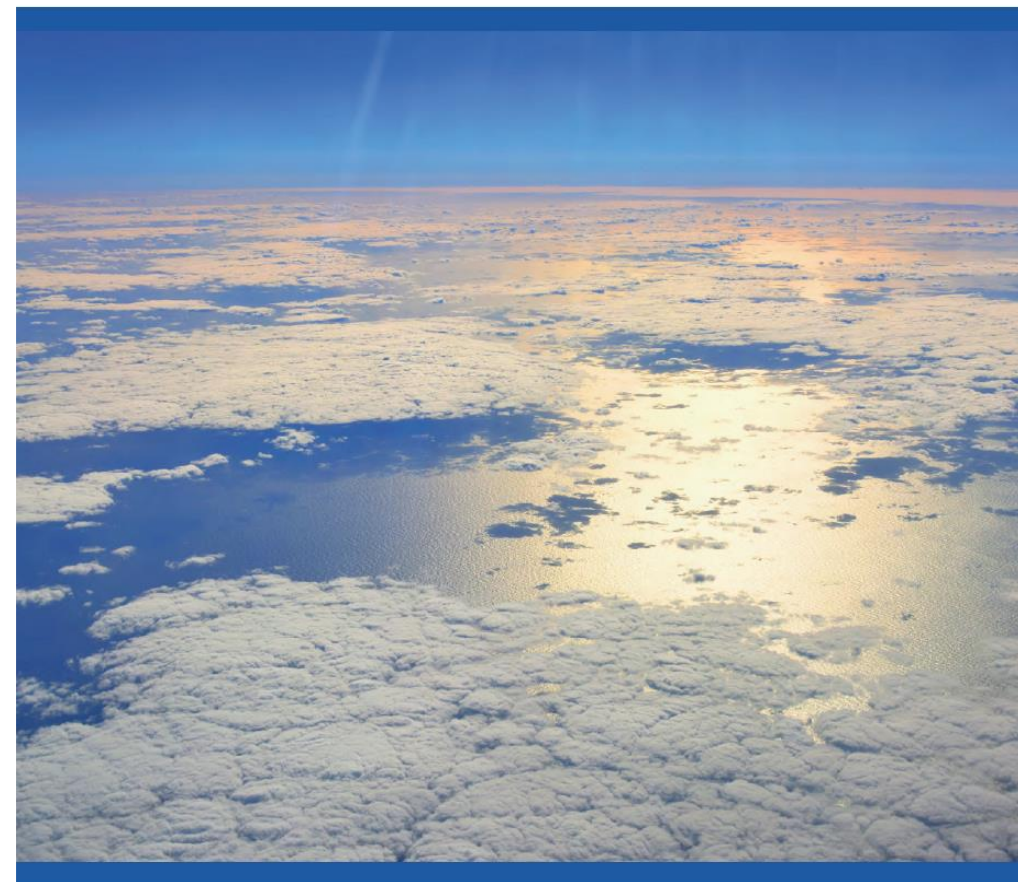
## United in Science

- ◆ 在2019/9/23於美國紐約舉行的氣候行動高峰會期間，WHO, IPCC等重要組織發佈United in Science報告，以科學事實角度說明氣候變遷最新發展。
- ◆ 「團結在科學下」重點在「團結」與「科學」
  - 世人團結才能對抗氣候變遷
  - 氣候變遷是一種科學（不是政治）

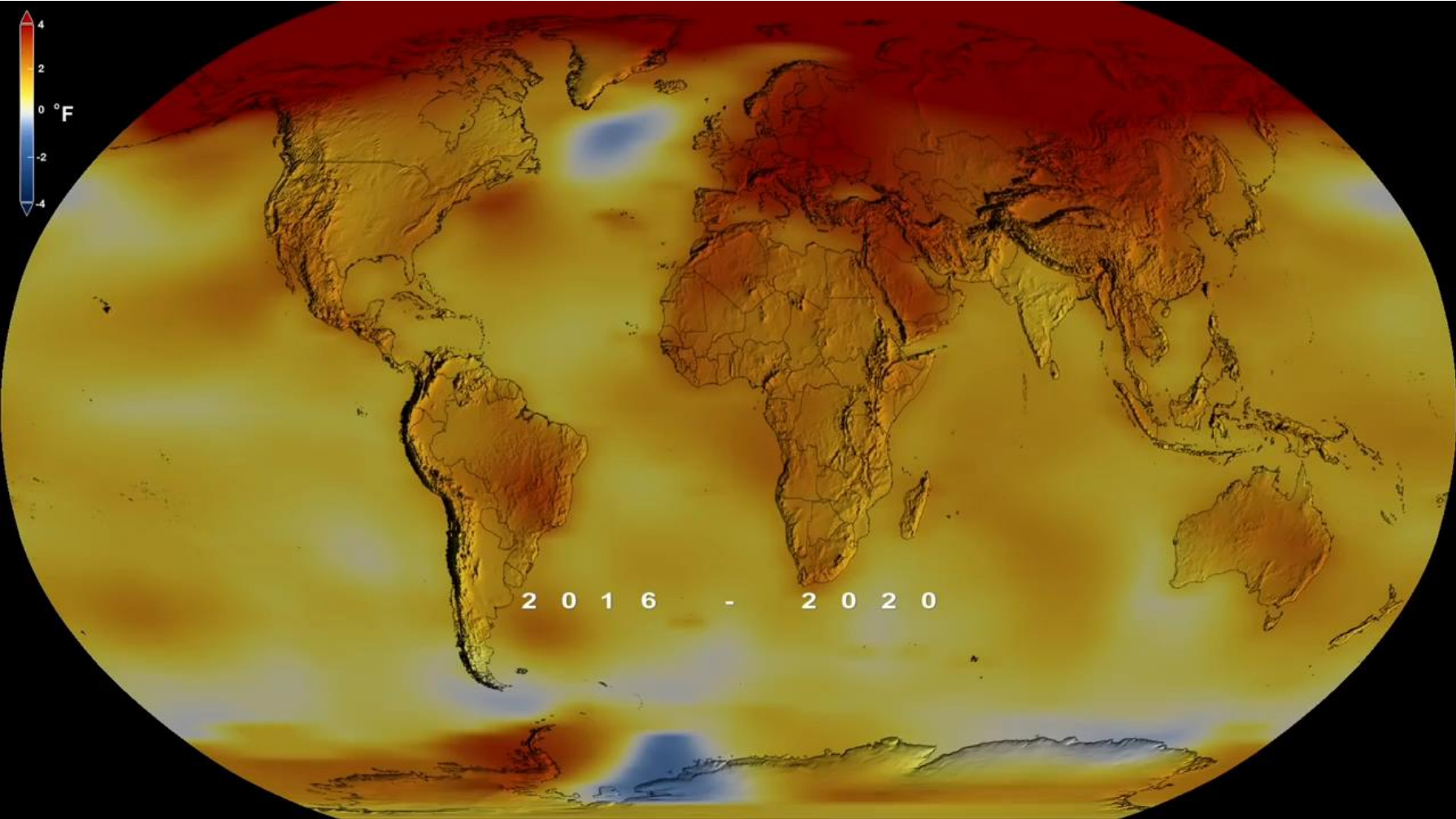
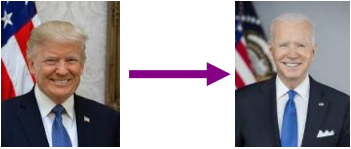


## United In Science

High-level synthesis report of latest climate science information  
convened by the Science Advisory Group of  
the UN Climate Action Summit 2019



# 2020與2016年並列為史上最熱年



# 氣候變遷 + COVID 19 已經改變世界的發展軌跡



## ◆ 環境風險主導世界

- 無論長期短期，環境風險主導了全球風險

## ◆ 氣候變遷獨占鰲頭

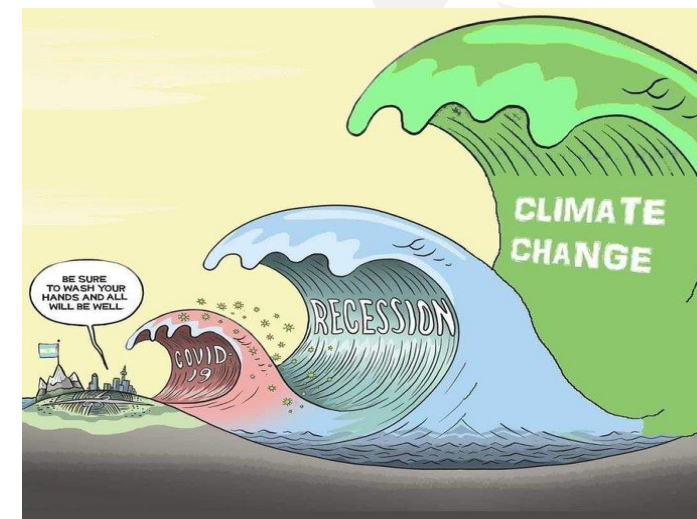
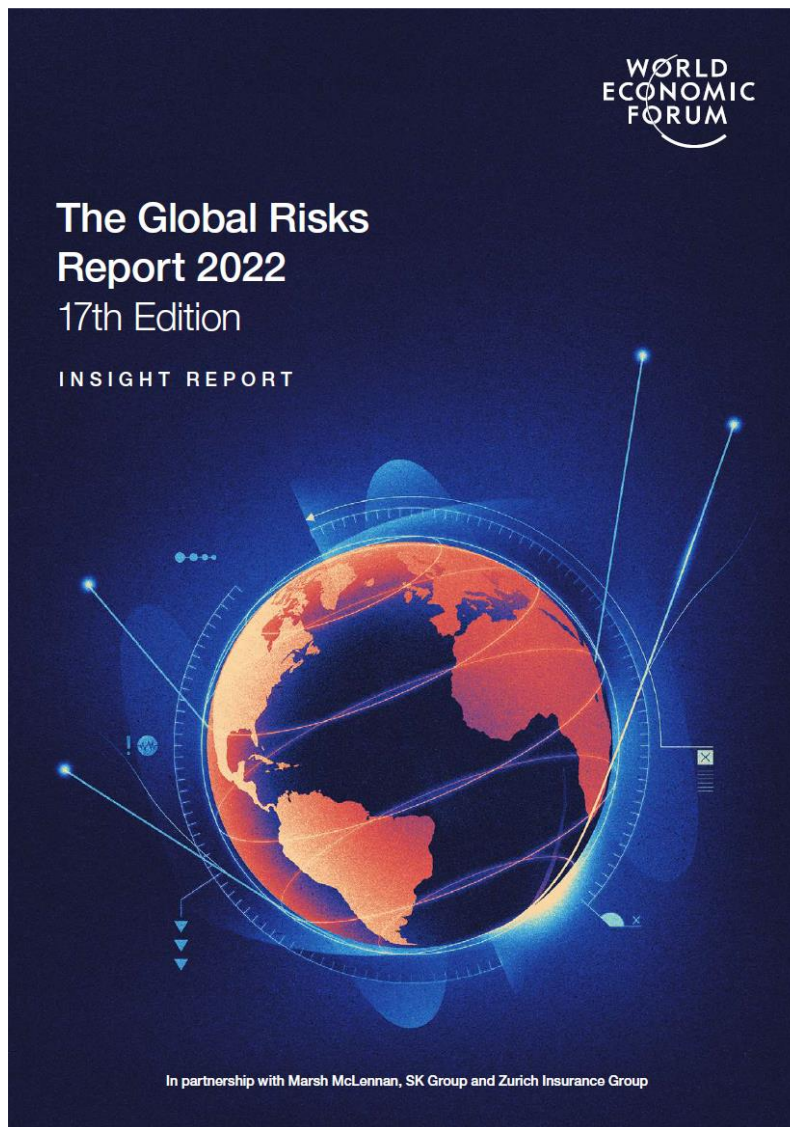
- 氣候變遷為來十年，氣候變遷相關風險是全球風險嚴重程度的前三名

## ◆ 新冠疫情改變一切

- 全球風險的平衡點在未來2-10年隨著COVID-19疫情可感受的的持續影響而改變

## ◆ 世局發展不容樂觀

- 小於16%全球風險識覺的受測者對世界展望是樂觀或正面的



物價上漲沒完，氣候通膨又要來了！全球為「綠犀牛」埋單

邁向綠色地球的意外「負」作用  
文 / 簡嘉宏

2022-02-07

瀏覽數 7,650+





# 2023全球風險報告

## ◆ 全球未來2年及10年內的最大風險

- 生活成本增加
- 氣候行動失敗

## ◆ 全球經濟停滯風險增加

- 中美貿易戰與疫情效應
- 俄烏戰爭強化不確定因素

## ◆ 氣候系統與自然生態快速崩壞中

- 氣候變遷減緩與調適作為必須強化，然作用無法全面有效

## ◆ 多領域脆弱度同時增加

- 複合型災害將持續發生



## The Global Risks Report 2023 18th Edition

INSIGHT REPORT

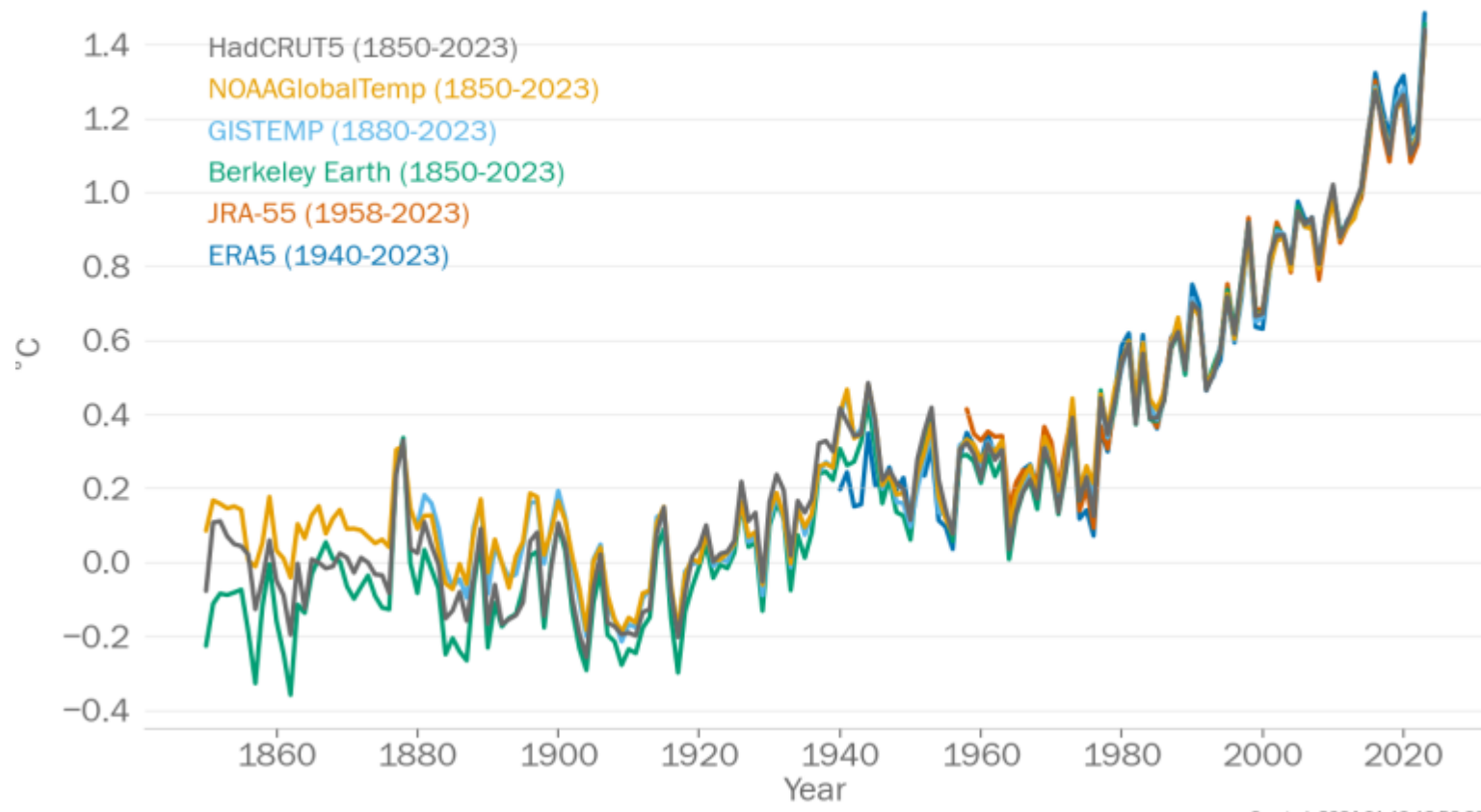


# 世界氣象組織確認2023年為史上最熱年

2024/01/12

◆世界氣象組織確認，根據全球五個權威的氣象紀錄資料庫，2023年的全球平均溫度比工業化前(1850-1900年)高了 **1.45±0.12°C**，已經幾乎碰觸到巴黎協定規範的升溫在1.5°C以下的門檻。

Global Mean Temperature Difference (°C)  
Compared to 1850-1900 average

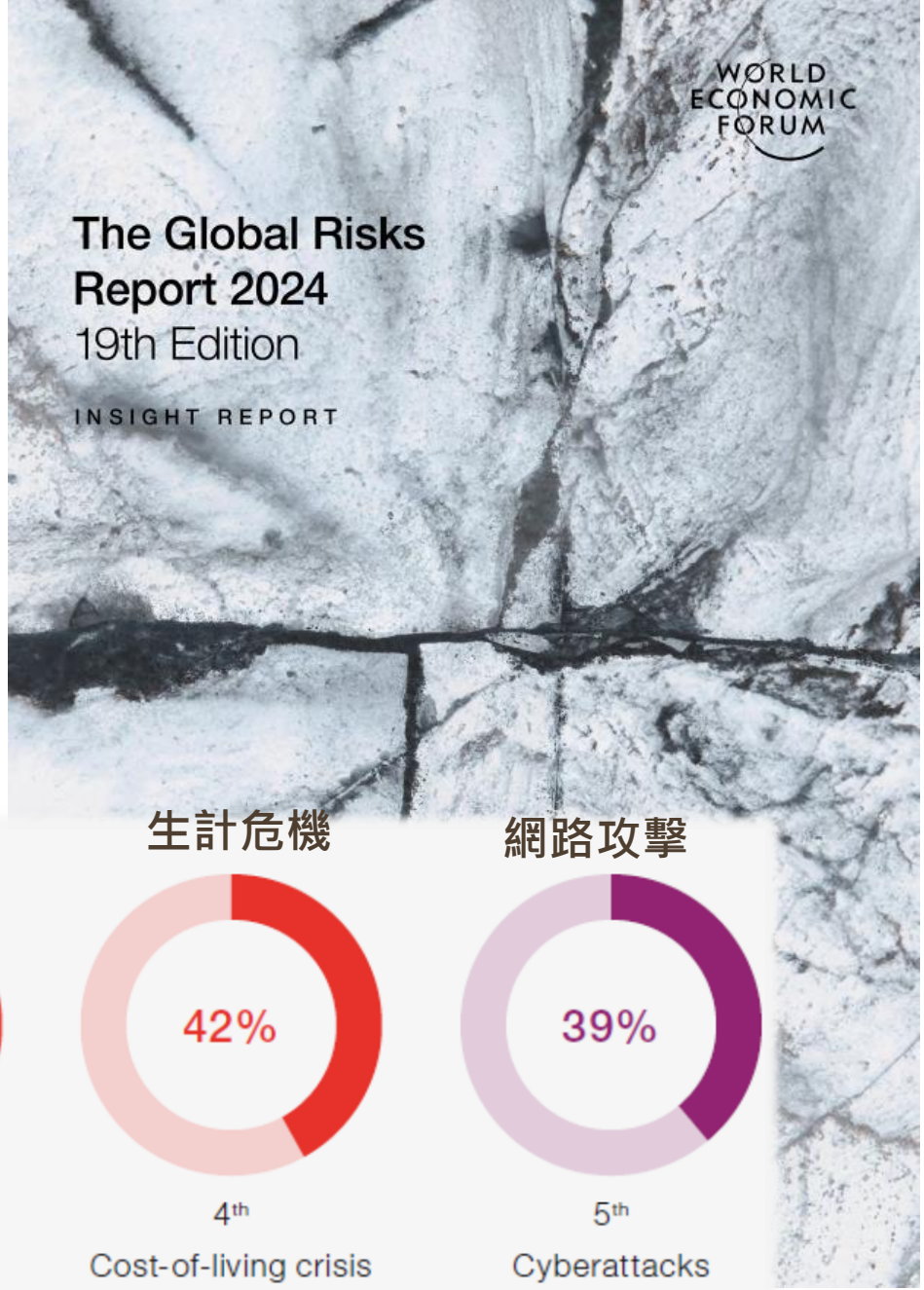


Created: 2024-01-10 16:56:20

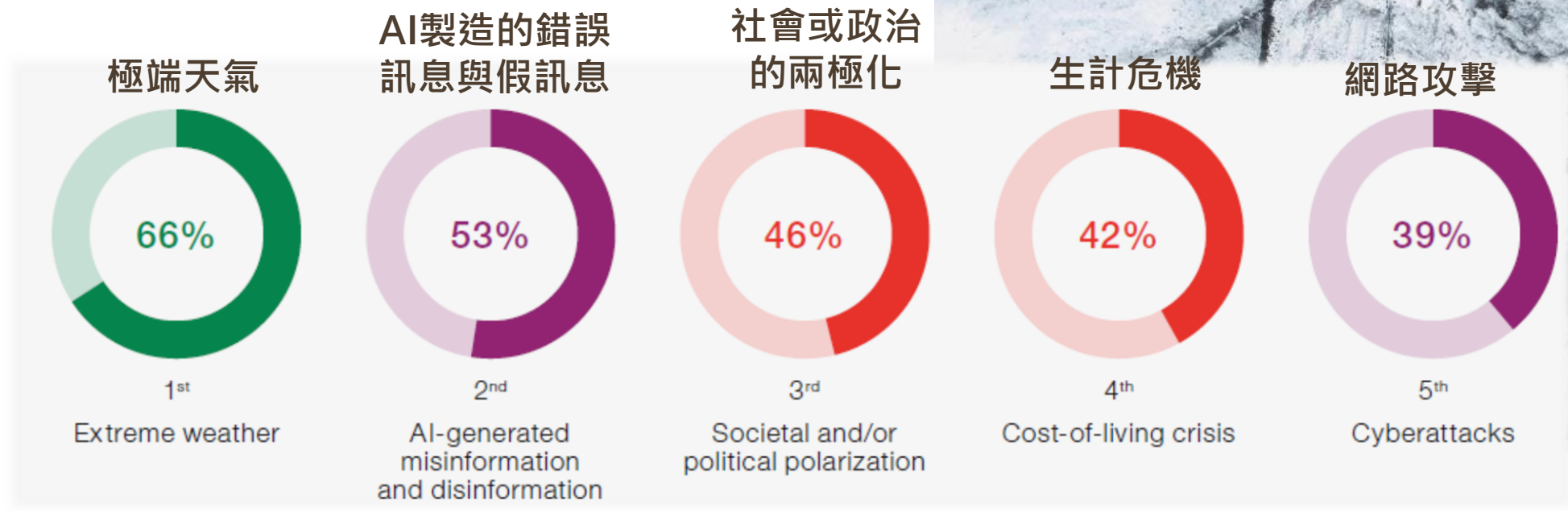


# 2024全球風險報告

- ◆ 環境風險將觸及臨界點
- ◆ 兩極化與科技風險讓事實模糊
- ◆ 中低收入國家與人民的經濟壓力更大
- ◆ 沸騰的地緣政治風險與科技發展衍生新型態風險



2024年最嚴重的風險識覺

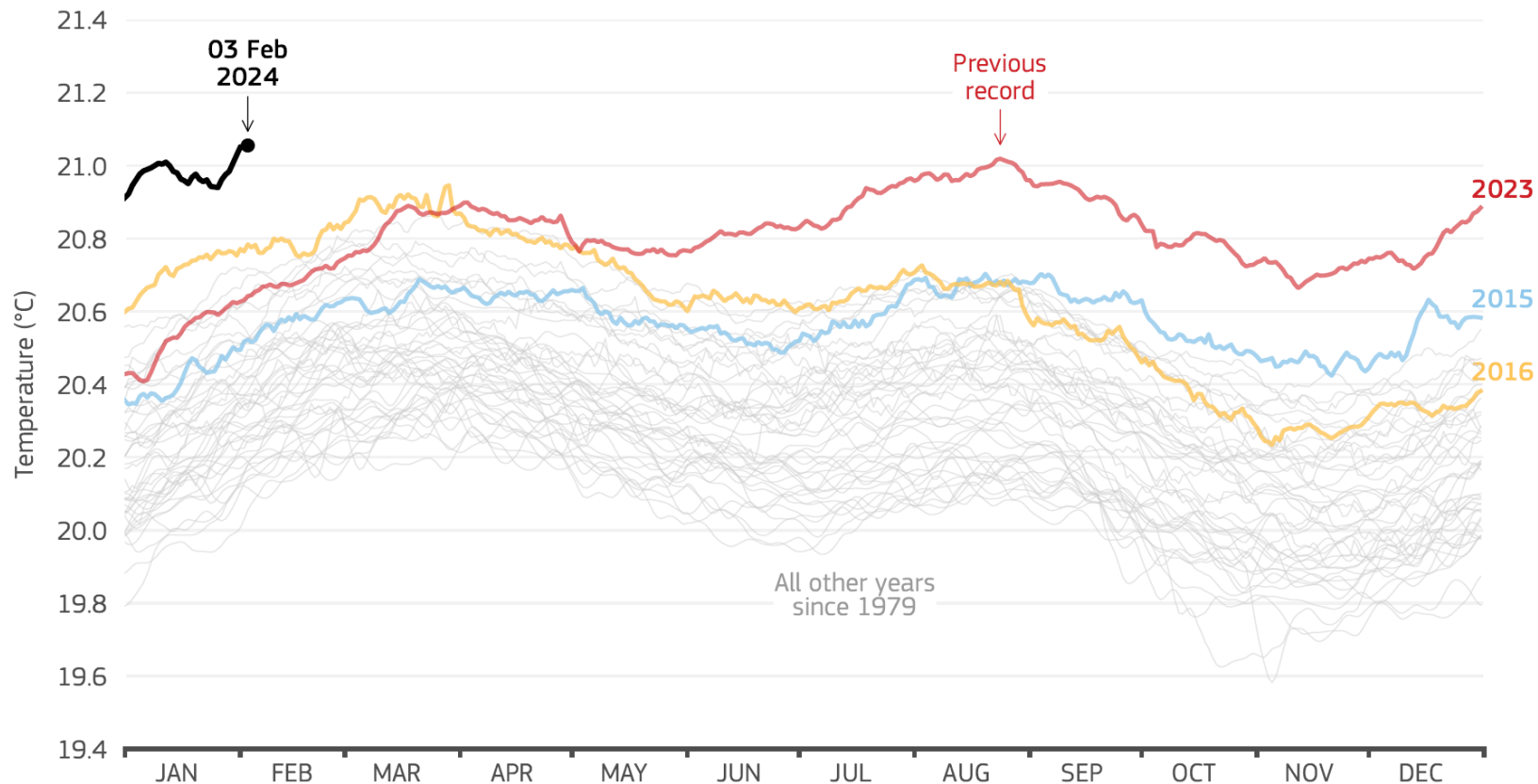


# 2024年繼續破紀錄

- ◆ 2024年1月持續成為有史以來最熱的1月，已經是連續第八個月創下有史以來最熱月的紀錄
- ◆ 2024年2月3日創下有史以來非極地海平面溫度最高紀錄

## DAILY SEA SURFACE TEMPERATURE 60°S–60°N

Data: ERA5 1979–2024 • Credit: C3S/ECMWF



PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION



# 2024年2月：繼續破紀錄

## NewScientist

Sign in 

Enter search keywords



News Features Newsletters Podcasts Video Comment Culture Crosswords | **This week's magazine**  
Health Space Physics Technology [Environment](#) Mind Humans Life Mathematics Chemistry Earth Society

### Environment

## The world just experienced the hottest February on record

February was the ninth month in a row to set a global heat record, with global average temperatures  $1.77^{\circ}\text{C}$  above the pre-industrial average for the month

By [James Dinneen](#)

📅 7 March 2024

2024年2月是連續第九個月成為歷史上最熱的當月，全球均溫比工業革命前高出1.77度

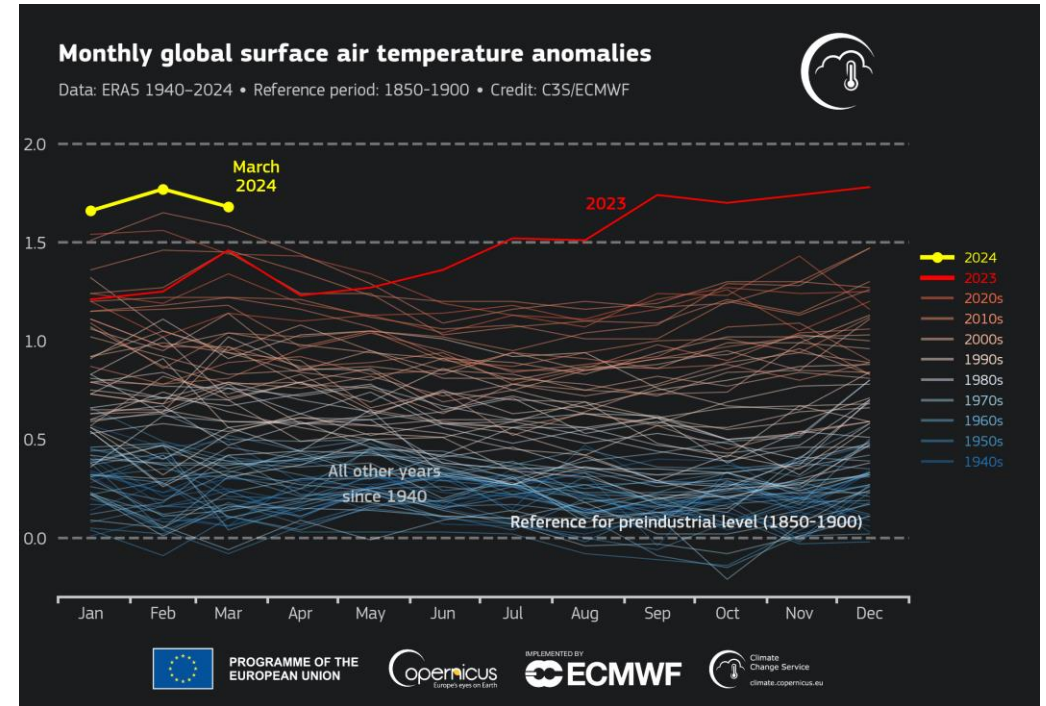
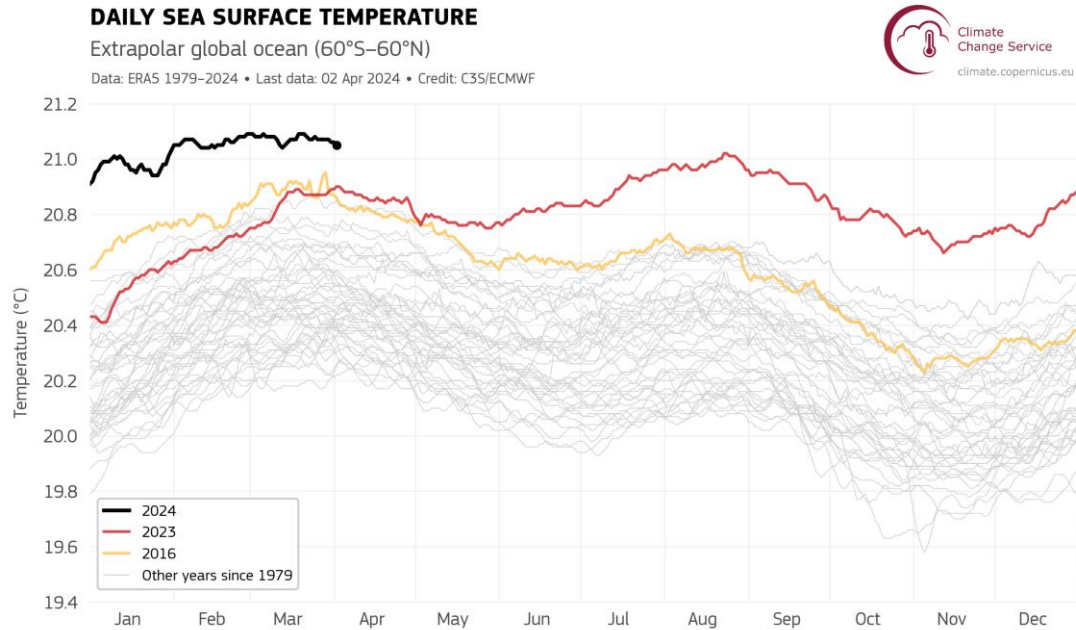
# 2024年3月：繼續破紀錄

MARCH CLIMATE BULLETINS | NEWSFLASH

## Copernicus: March 2024 is the tenth month in a row to be the hottest on record



9th April 2024



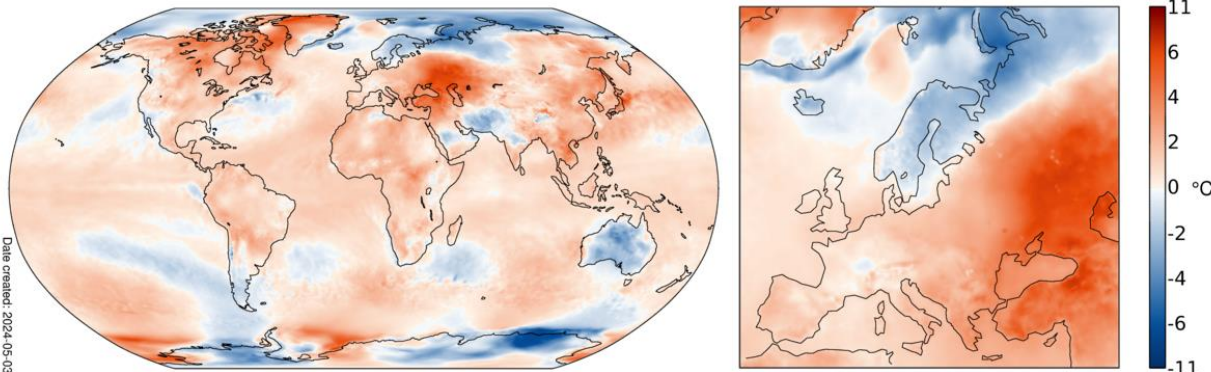
# 2024年4月：繼續破紀錄

## Copernicus: Global temperature record streak continues – April 2024 was the hottest on record

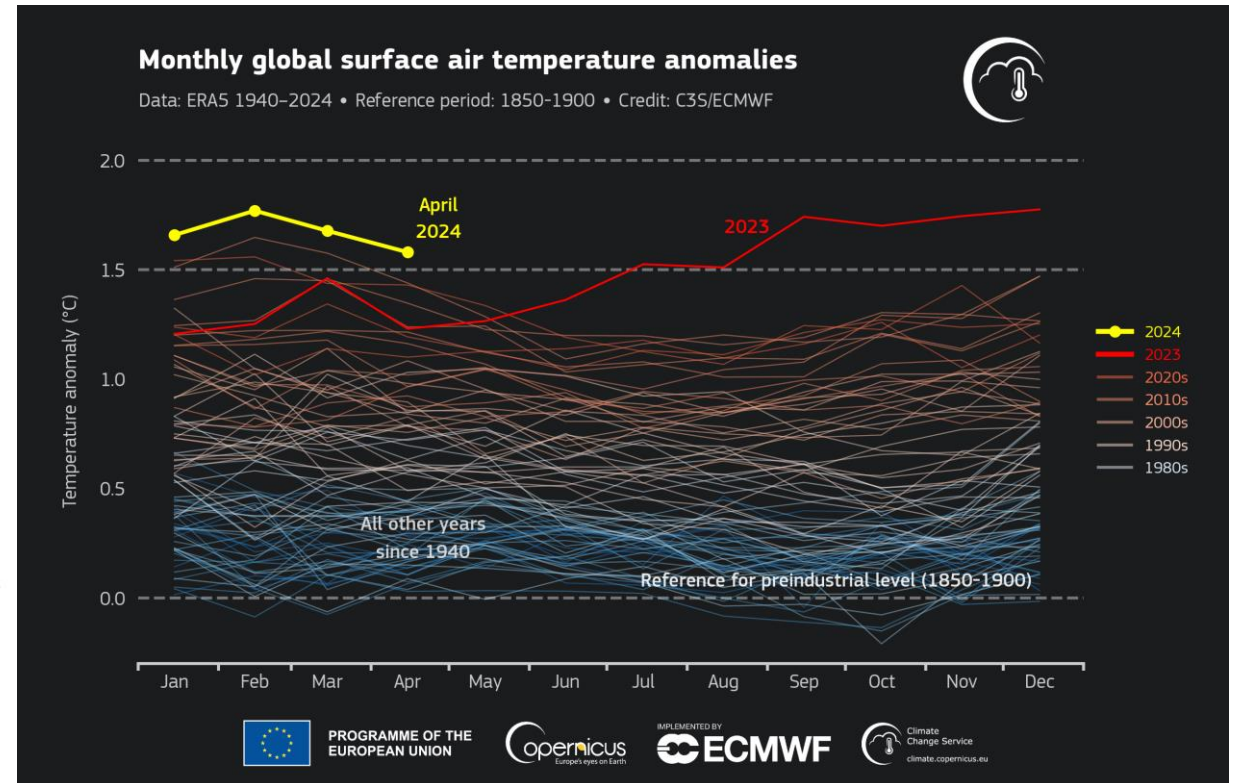
7th May 2024

- ✓ April 2024 was warmer globally than any previous April in the data record, with an average ERA5 surface air temperature of 15.03°C, 0.67°C above the 1991-2020 average for April and 0.14°C above the previous high set in April 2016.

Surface air temperature anomaly for April 2024



(Data: ERA5. Reference period: 1991-2020. Credit: C3S/ECMWF)



# 全球因應氣候變遷的基礎系統分析

◆ 尺度：全球、國家

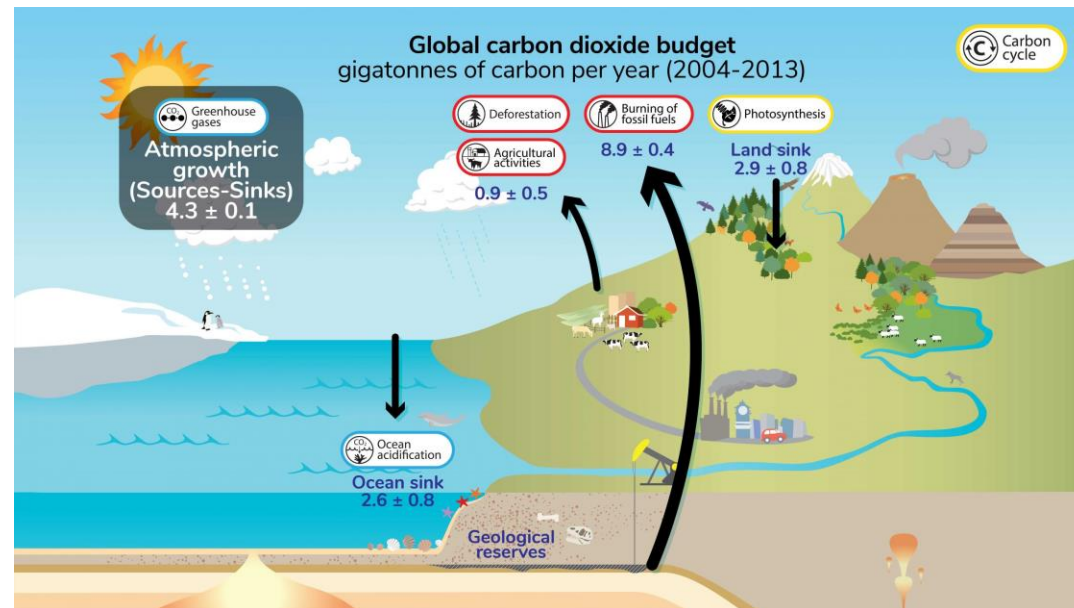
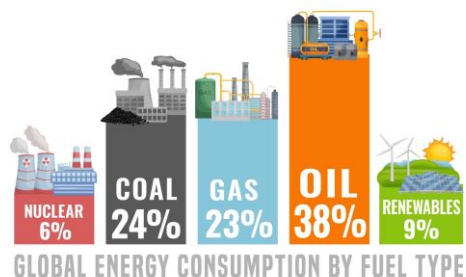
◆ 主要系統類別

## □ 自然系統

- 大氣碳循環系統
- 全球生態系統

## □ 社會系統（經濟、法律、政治）

- 化石燃料驅動的全球經濟體系（正朝再生能源轉型中）
- 聯合國體系(UNFCCC)下的各國碳排放管制



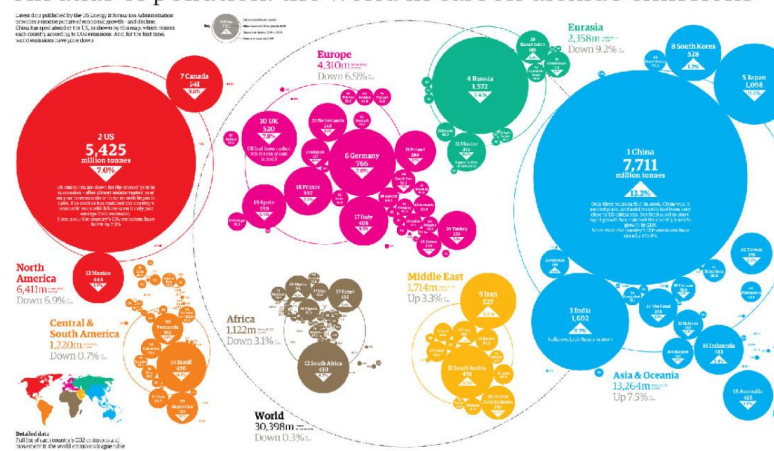
◆ 系統目標

- 全球大氣溫室氣體濃度低於某上限值
- 全球升溫幅度低於某上限值

◆ 系統限制條件

- 全球單一大氣層

An atlas of pollution: the world in carbon dioxide emissions







以永續為名的概念突然爆紅，無事不永續  
永續發展、企業永續、CSR、ESG...是什麼？

## 永續浪潮 所為何事？

# 新時代關鍵詞：永續、ESG、碳中和、淨零排放

2021 ...

ESG 永續台灣  
9月8日下午2:00 · 🌐

#富邦證券投資報告【「減碳」不僅是全球趨勢，更能帶動產業起飛！】

歐盟碳關稅2023年上路、美國宣布重返巴黎協定、中國今年開啟碳交易平台等...，這些重大政策都在傳達相同的核心訊息，如何在2050年達到碳中和目標，降低碳排放量的商機，已經成為未來產業發展的趨勢。

未來五到十年，會有哪些產業扮演重要關鍵角色、帶動業績起飛、值得我們投資人注意呢？點擊了解更多！👁️

#碳中和 #再生能源 #儲能系統 #電動車 #富邦金控



ESG.BUSINESSTODAY.COM.TW ✓

碳中和商機起飛再生能源、儲能產業及電動車 將迎來未來五到十年的黃金時期 - ESG永續台灣

瞭解詳情

2022 ...

ESG 永續台灣  
2021年7月19日 · 🌐

【有鑒於全球暖化危機近在咫尺，愈來愈多指標型金融機構積極與國際接軌...👁️快來看看玉山在達成淨零碳排銀行的具體作法!】

包括2027年前將國內自有大樓改建成綠建築，至2020年底已有十二棟大樓取得綠建築認證、十六棟大樓裝設太陽能發電設備、更將提升再生能源使用比例，預計年底有高達10%用電使用再生能源等...

未來亦會逐步增加，積極朝向淨零排放的目標持續前進。..... 顯示更多



ESG.BUSINESSTODAY.COM.TW

擴大淨零排碳影響力 金融機構加入SBTi成關鍵... - ESG永續台灣  
如今，國際間主要有幾大常見的氣候行動「目標」中，碳中和 ( Carbon Neutra...

瞭解詳情

# 永續發展是人類的永續發展

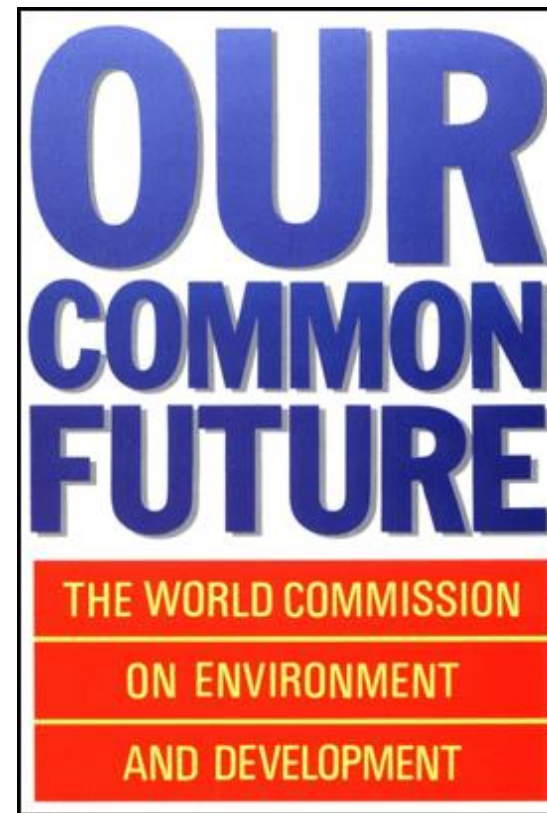
## 不是地球的永續發展

- ◆ 1987年「我們共同的未來」報告書中揭示「永續發展」(sustainable development)的標準定義為

既滿足當代人之需求，又不危及下一代人滿足其需求能力之發展  
*Development that meets the needs of the present, without compromising the ability of future generations to meet their own needs.*

- ◆ 永續發展的核心是世代正義
- ◆ 永續發展不只是環境保護，而是社會、環境、經濟的綜合考量

核心概念：世代正義



# 全球永續發展目標

## The Sustainable Development Goals

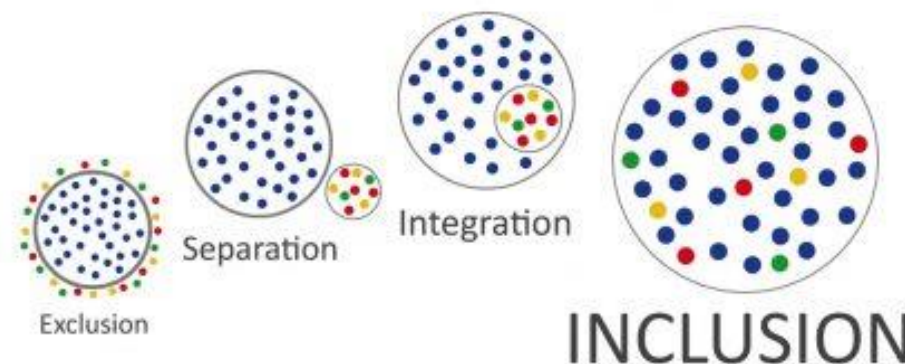


# SDGs的核心精神

- ◆ 多樣性(diversity)
- ◆ 包容 / 共融(inclusion)
- ◆ 全面全人
  - 「不遺漏任何人」(No one left behind)



*Inclusion* is the new keyword



# SDGs價值主張的具體實踐：DEI(多樣性、平等、共融)



## DI·VER·SI·TY

All the ways in which people differ.



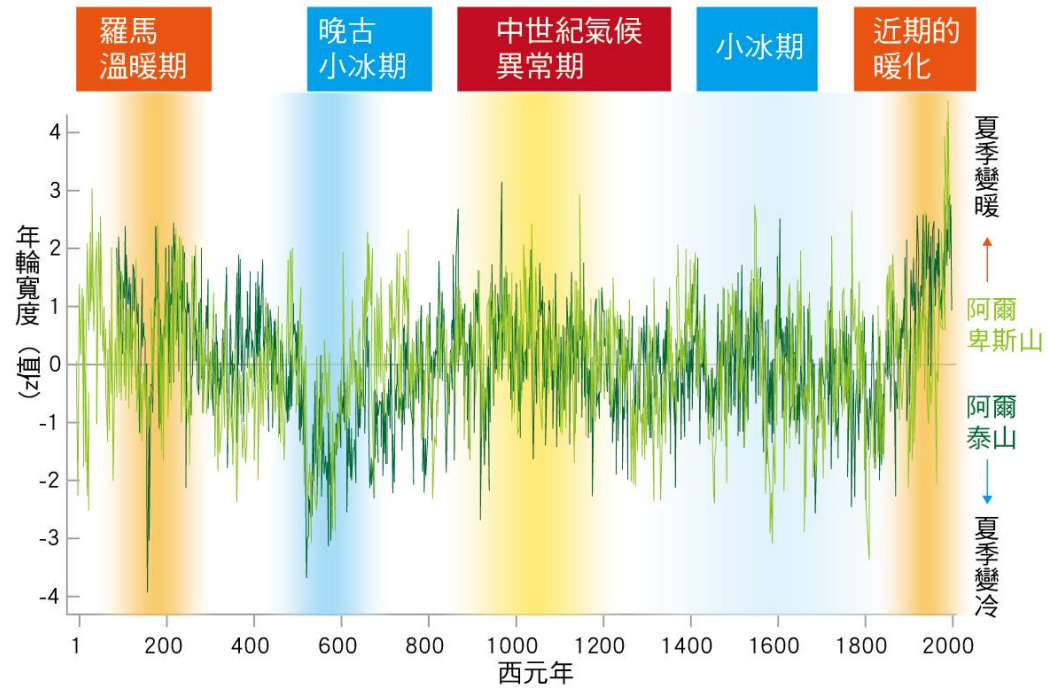
## EQ·UI·TY

Fair treatment, access, opportunity, and advancement for all people. One's identity cannot predict the outcome.



## IN·CLU·SION

A variety of people have power, a voice, and decision-making authority.

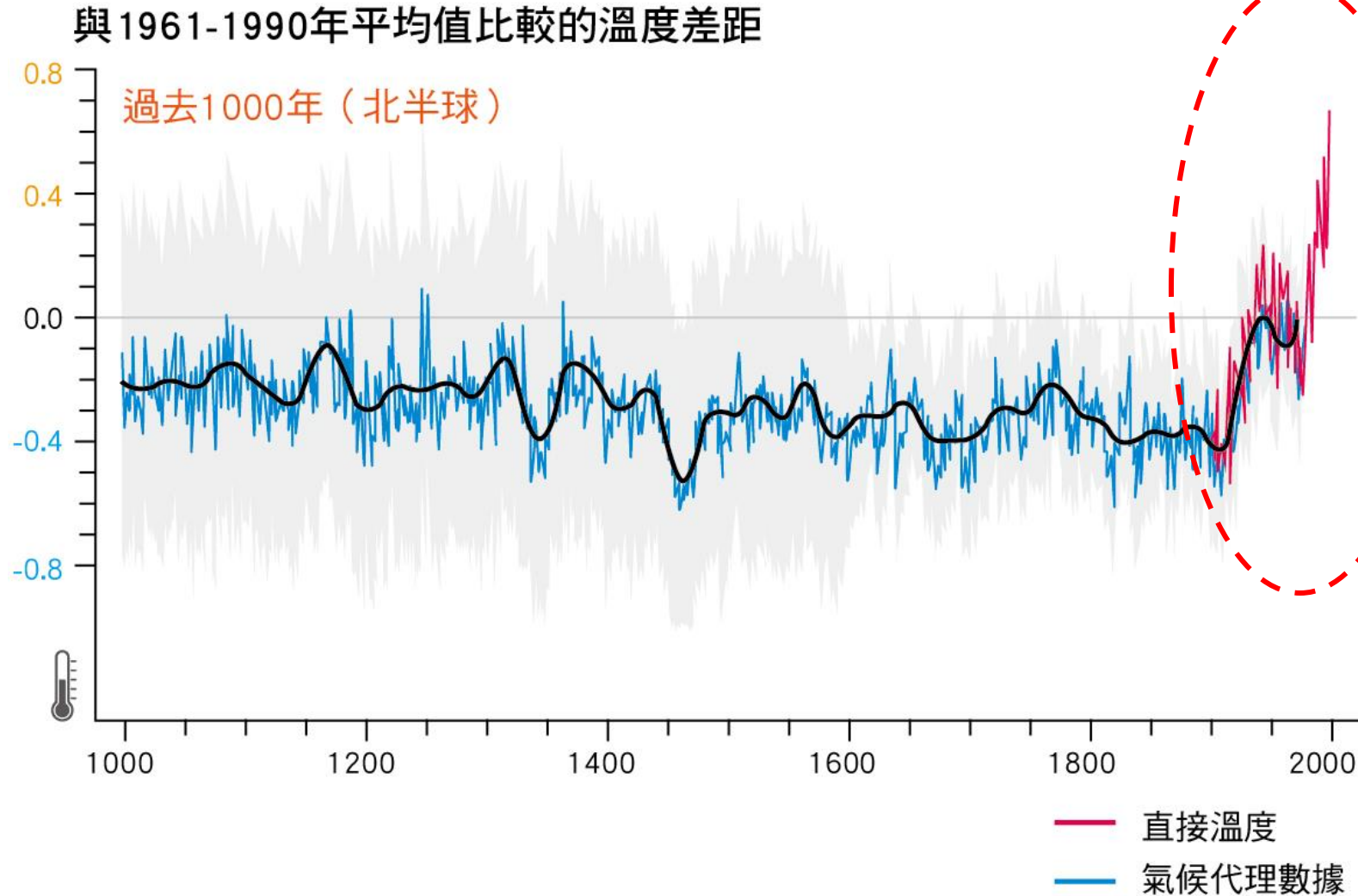


從46億年前，地球誕生至今，  
地球經歷過不同階段的溫度變化

地球系統 + 人  
=  
世界系統

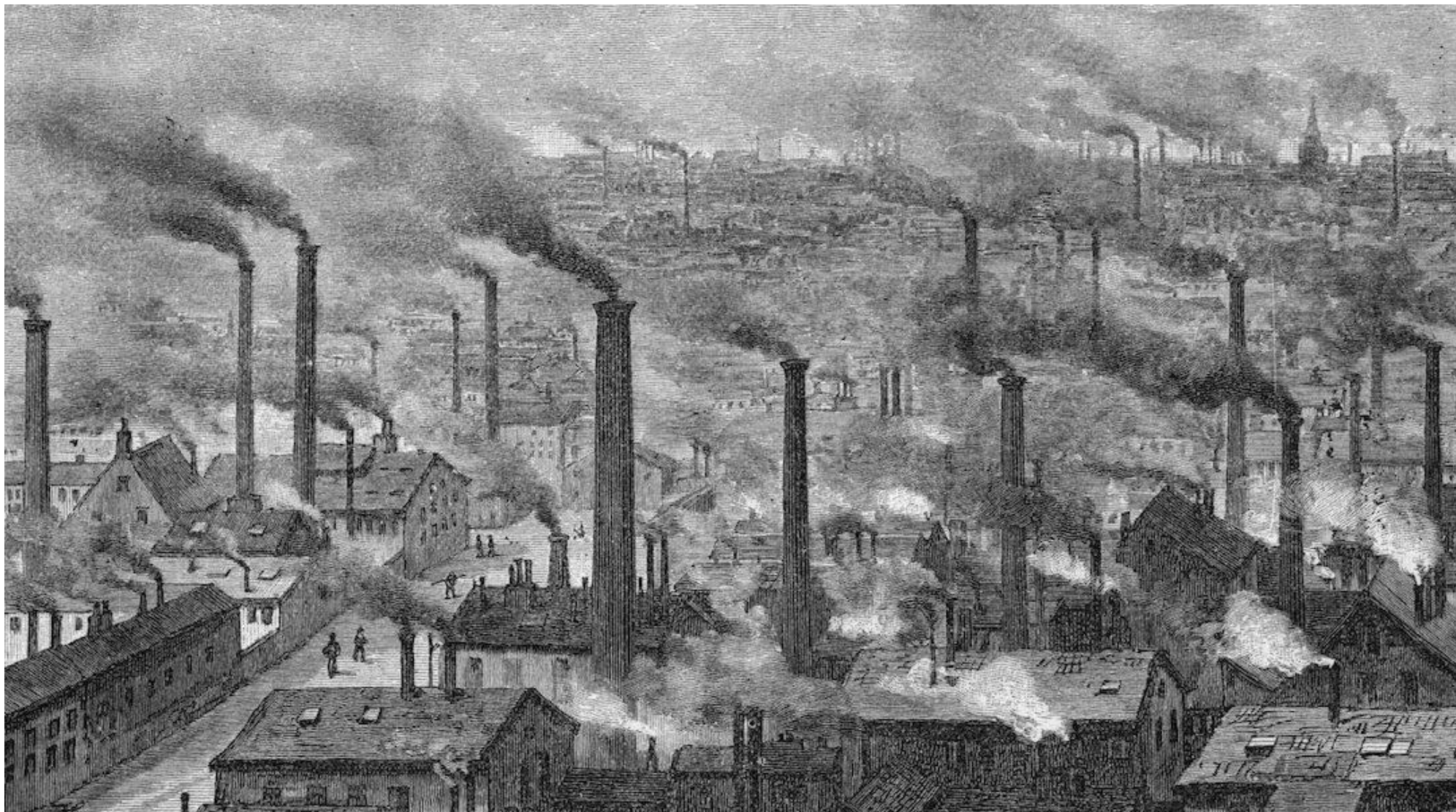
# 氣候變遷：千年尺度下的相對暖化

氣候變遷  
climate change



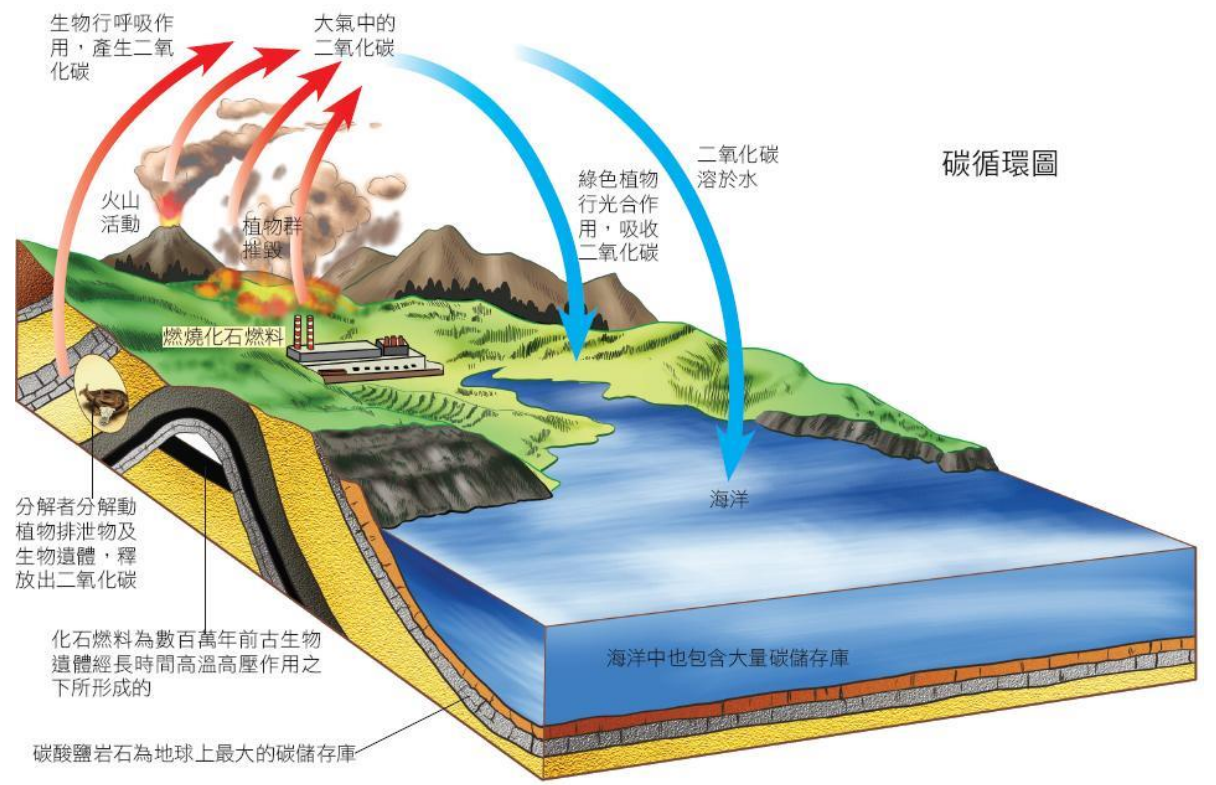


# 工業革命：1760~.....



# 理解淨零排放的前提知識與邏輯

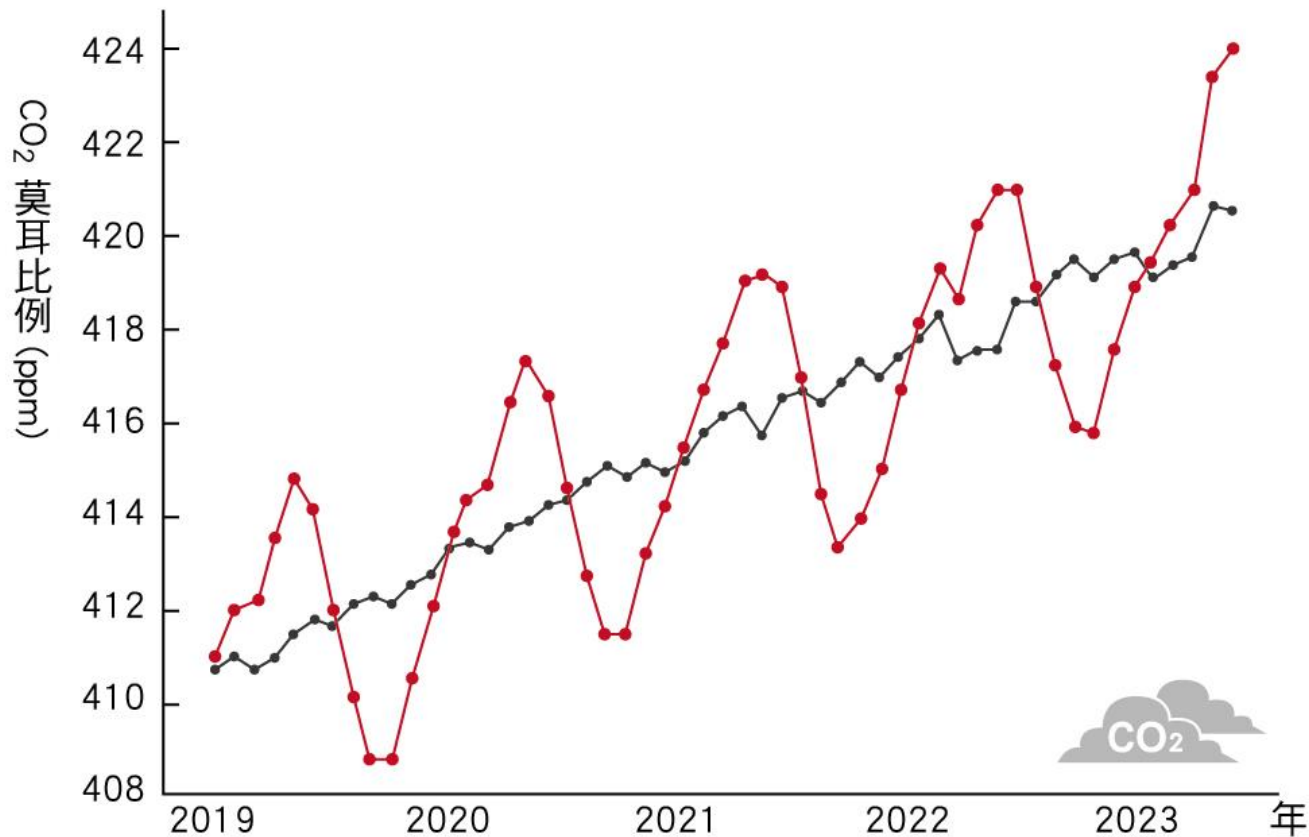
- ◆瞭解碳循環與基本原理（譬如：光合作用）
- ◆瞭解碳排放與碳吸存不平衡造成氣候變遷
- ◆瞭解廣義的「碳」為「溫室氣體」，包括二氧化碳、甲烷、氧化亞氮等，可藉由**全球暖化潛勢 (GWP)**轉換為二氧化碳當量 (CO<sub>2</sub>-e)
- ◆瞭解其相應於全球升溫1.5°C之緊急性。



# 疫情並未改變大氣中二氧化碳濃度上升趨勢

1.5°C ⇔ 430 ppm

近期每月Mauna Loa觀測站的CO<sub>2</sub>濃度平均值



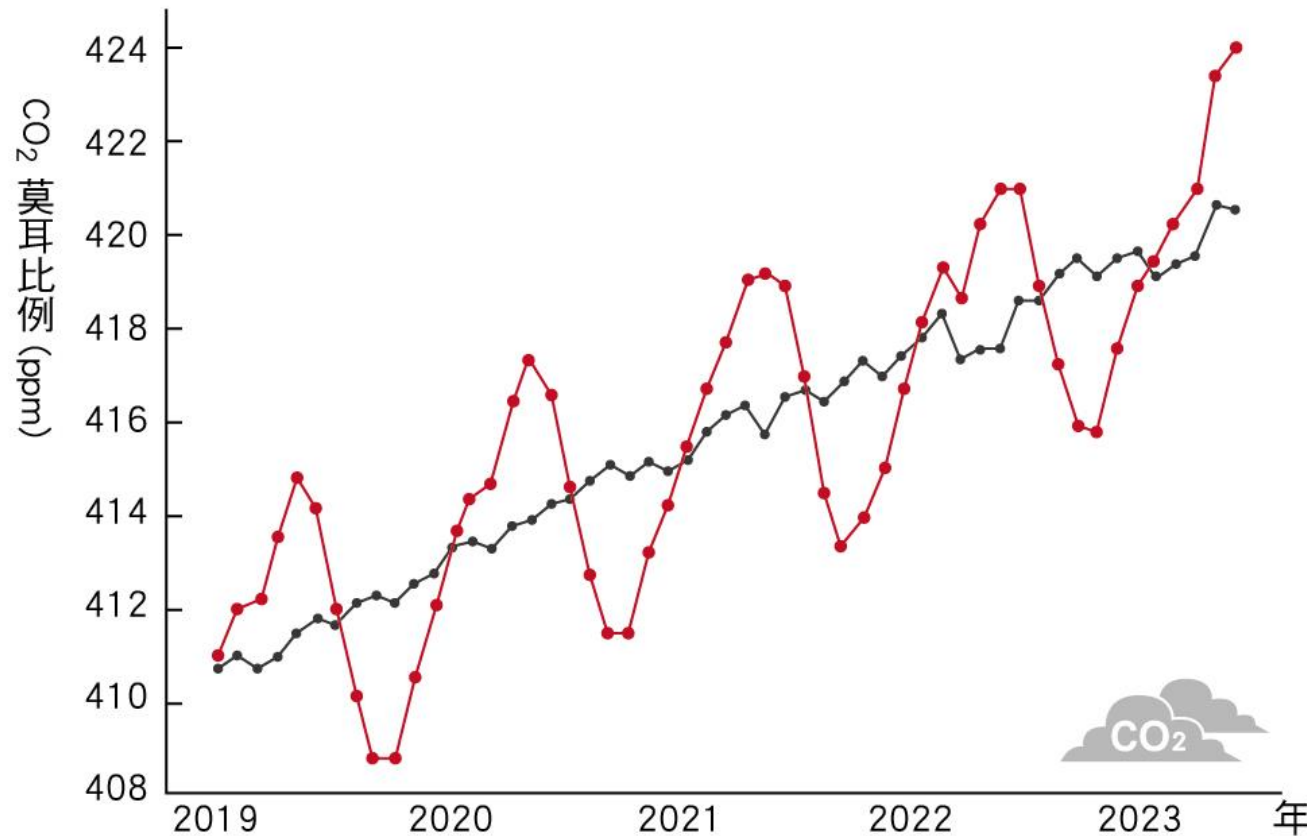
- 紅色曲線為每月月中測得的濃度
- 黑色曲線為根據七年的季節數據調整過後的濃度



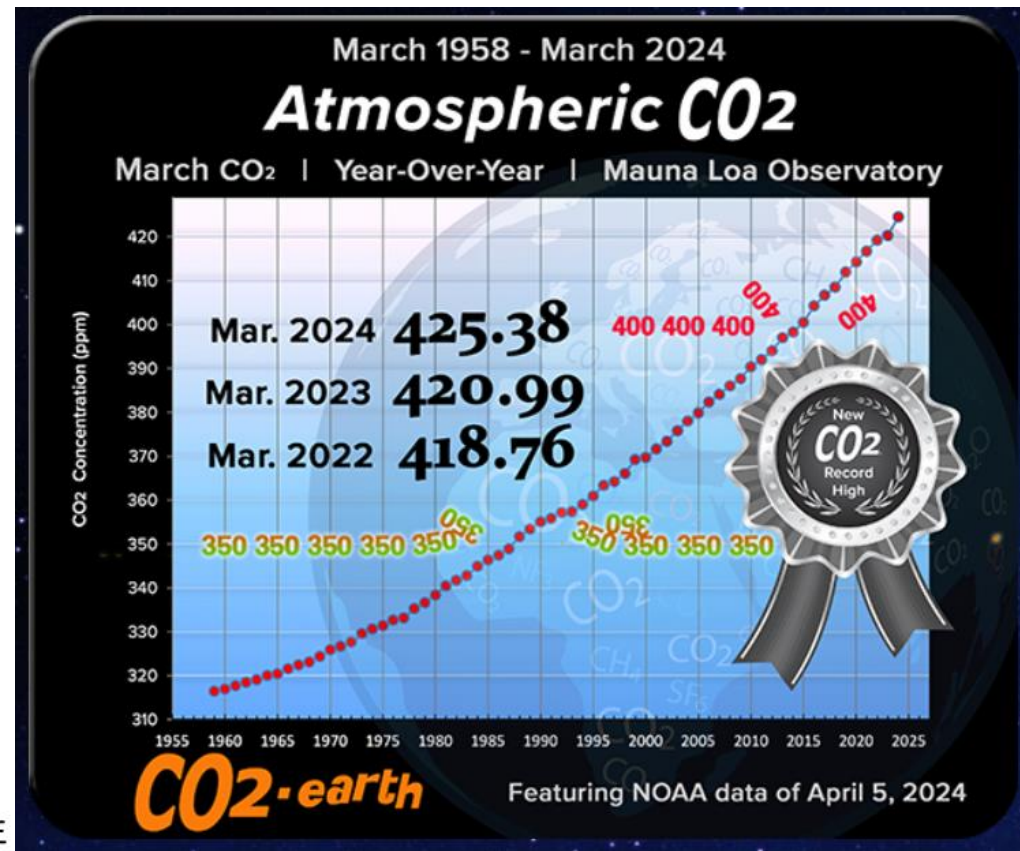
# 疫情並未改變大氣中二氧化碳濃度上升趨勢

1.5°C ⇔ 430 ppm

近期每月Mauna Loa觀測站的CO<sub>2</sub>濃度平均值



- 紅色曲線為每月月中測得的濃度
- 黑色曲線為根據七年的季節數據調整過後的濃度

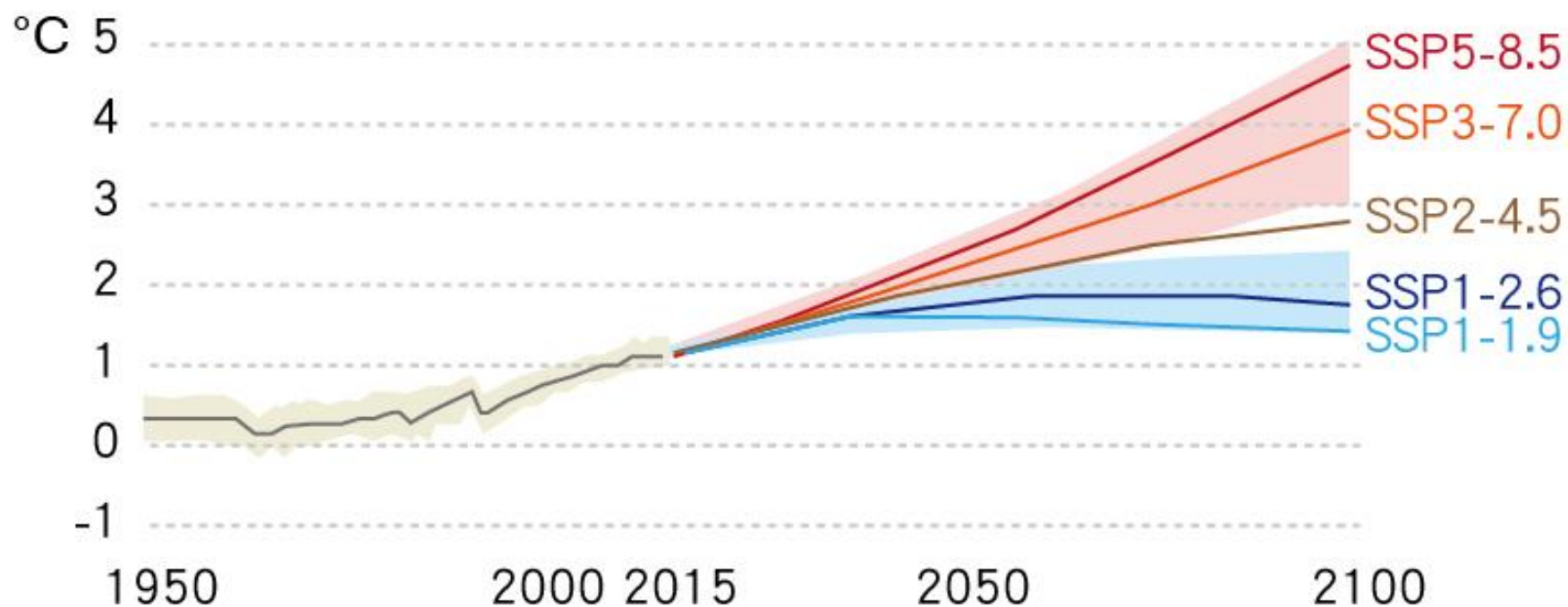


**414.03**  
parts per million (ppm)  
Mauna Loa Observatory, Hawaii (Scripps)  
Preliminary data released June 8 2019

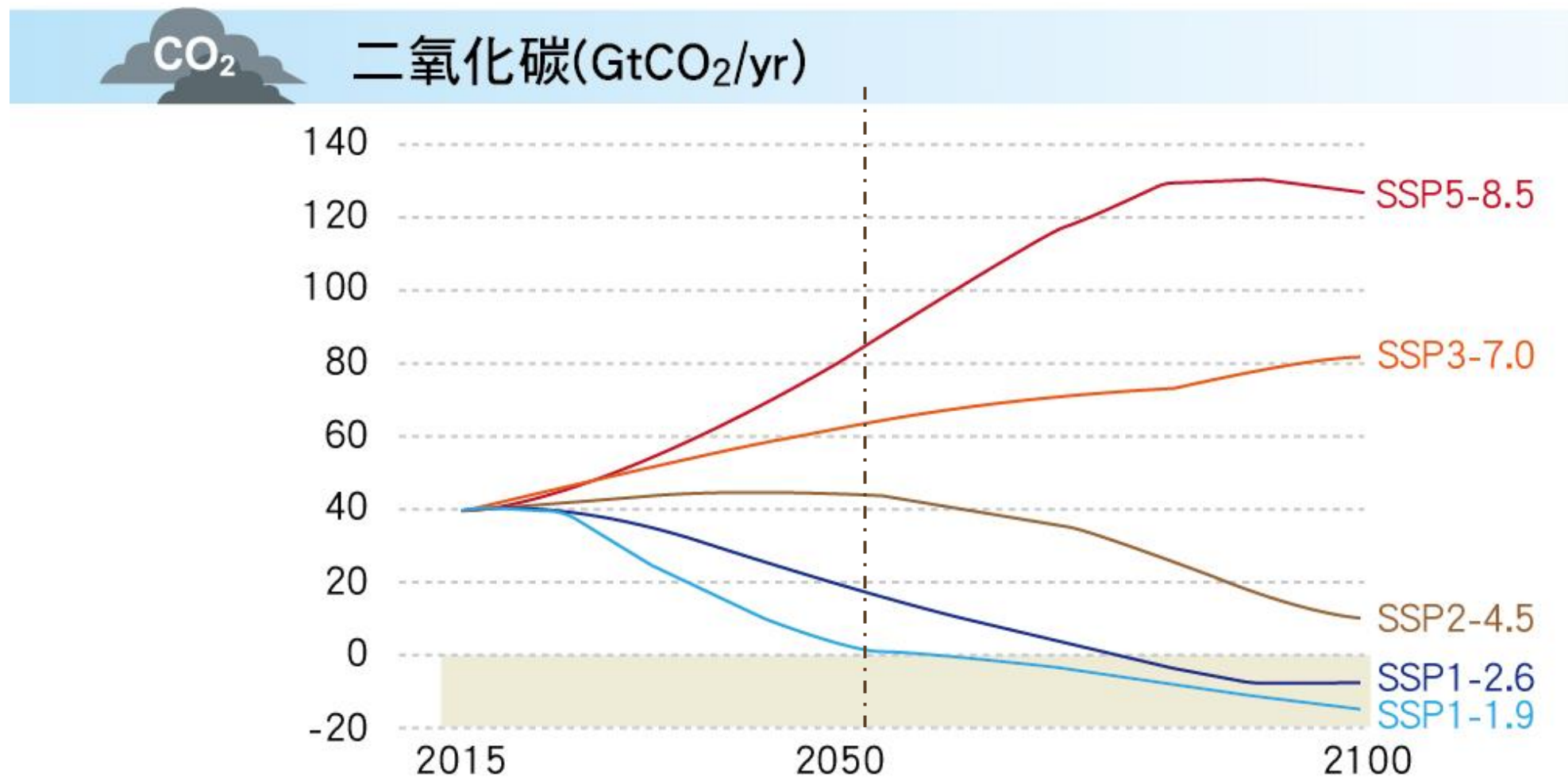
# 2100年升溫不超過1.5°C：AR6的SSPI-1.9情境



相對於1850-1900年的全球表面溫度的變化



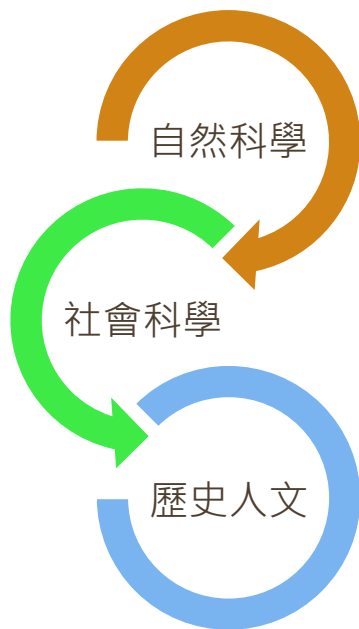
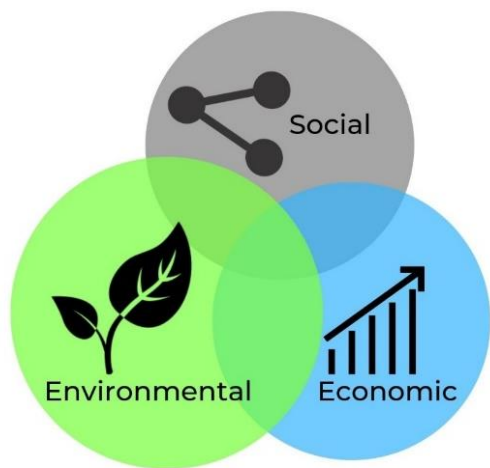
# SSP1-1.9情境代表快速減碳 ⇒ 2050淨零排放



改繪自：IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

# SDGs成為共同架構

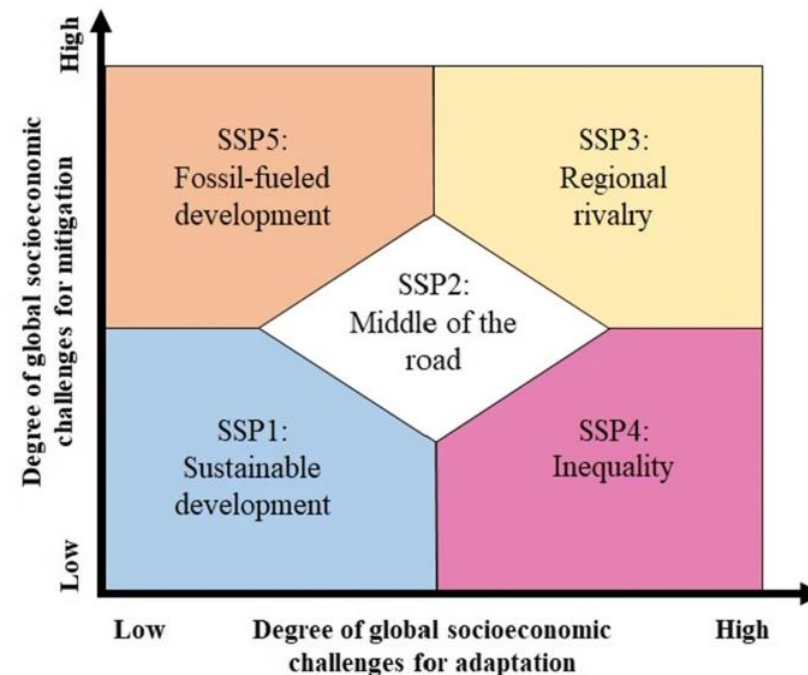
- ◆ 環境問題是永續發展議題的一部份，並且與經濟、社會等問題相關，僅看待環境問題，無法解決環境問題。
- ◆ 氣候變遷為人類面對的永續發展議題。



# AR6的情境設定：社會經濟發展

- AR6採用SSP(Shared Socioeconomic Pathways)作為情境設定基準，更傾向將氣候變遷情境與社會經濟連結，成為全方位永續情境。  
→ IPCC氣候評估報告的典範轉移。

<b>SSP1</b>	永續性-綠色之路 (低緩解和適應挑戰)	<ul style="list-style-type: none"> <li>經濟增長強調人類福祉、環境管理、減少不平等以及降低資源和能源強度</li> </ul>
<b>SSP2</b>	中間道路	<ul style="list-style-type: none"> <li>社會、經濟和技術趨勢持續存在</li> </ul>
<b>SSP3</b>	區域競爭-崎嶇之路 (極具挑戰性)	<ul style="list-style-type: none"> <li>民族主義高漲</li> <li>政策以犧牲發展和環境保護為代價轉向安全</li> <li>經濟和環境隨著時間惡化</li> </ul>
<b>SSP4</b>	不平等-道路分叉	<ul style="list-style-type: none"> <li>社會凝聚力下降</li> <li>技術共享不平等</li> </ul>
<b>SSP5</b>	化石燃料驅動的發展 走高速公路	<ul style="list-style-type: none"> <li>產生財富、快速的技術進步和人力資本發展</li> <li>排放快速增加</li> </ul>





# AR6各種情境的基本假設

2050淨零的世界



**Sustainability**  
Taking the Green Road  
永續綠色之路

人口達峰值/下降  
(2100年約70億)  
教育程度持續提升  
強調平等  
低能源損耗的技術  
減少資源密集型生產、消費  
自由貿易  
高收入

SSP 1



**Middle of the Road**  
中間道路

中等人口增長  
(2100年約90億)  
持續不平等/改善緩慢  
延續過去生產和消費模式  
技術進步  
中等收入

SSP 2



**Regional Rivalry**  
A Rocky Road  
區域競爭-崎嶇之路

高人口增長  
(2100年約130億)  
教育程度低  
持續不平等/惡化  
開發技術低  
資源密集型生產、消費  
貿易限制  
低收入

SSP 3



**Inequality**  
A Road Divided  
不平等-道路分叉

中等人口增長  
(2100年約90億)  
教育程度低  
持續不平等/惡化  
開發技術低  
投資碳密集型燃料、  
以及低碳能源  
中等收入

SSP 4

現在的世界



**Fossil-fueled Development**  
Taking the Highway  
化石燃料高速公路

人口達峰值/下降  
(2100年約70億)  
教育程度提升  
強調平等  
資源密集型生產、消費  
自由貿易  
高收入

SSP 5

# 國際社會引領全球淨零排放的趨勢與壓力

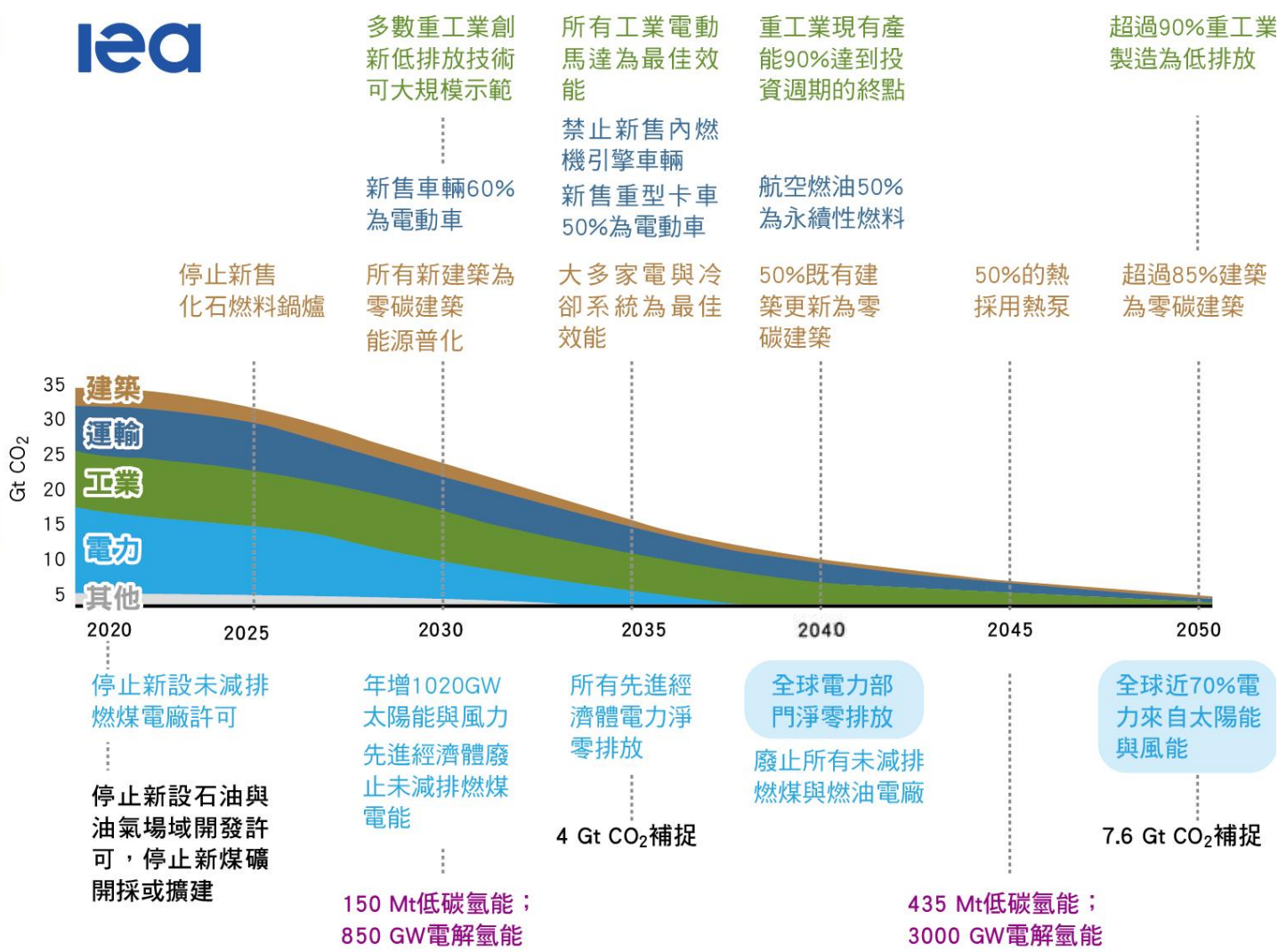
## 國際能源總署(IEA) 全球2050淨零排放 路徑圖(2021年5月)

**電力** ⚡  
2040年達到淨零，2050年70%能源供應為再生能源

**工業** ⚙️  
主要仰賴新基礎建議，自2030年起CCUS、氫能、電槽技術應用於新工業產業

**建築** 🏠  
禁售燃料鍋爐、推廣熱泵、新建建築/舊建築翻新符合淨零標準

**運輸** 🚗  
2050年僅有電動或燃料電池車，航空海運難全面電動化



# 國家是貫徹自我減量貢獻的關鍵力量

行政院國發會

臺灣2050淨零排放  
路徑圖(2022年3月)

**建築** 

提升建築外殼設計、建築能效及家電能效標準

**運輸** 

改變運輸方式，降低運輸需求，運具電氣化

**工業** 

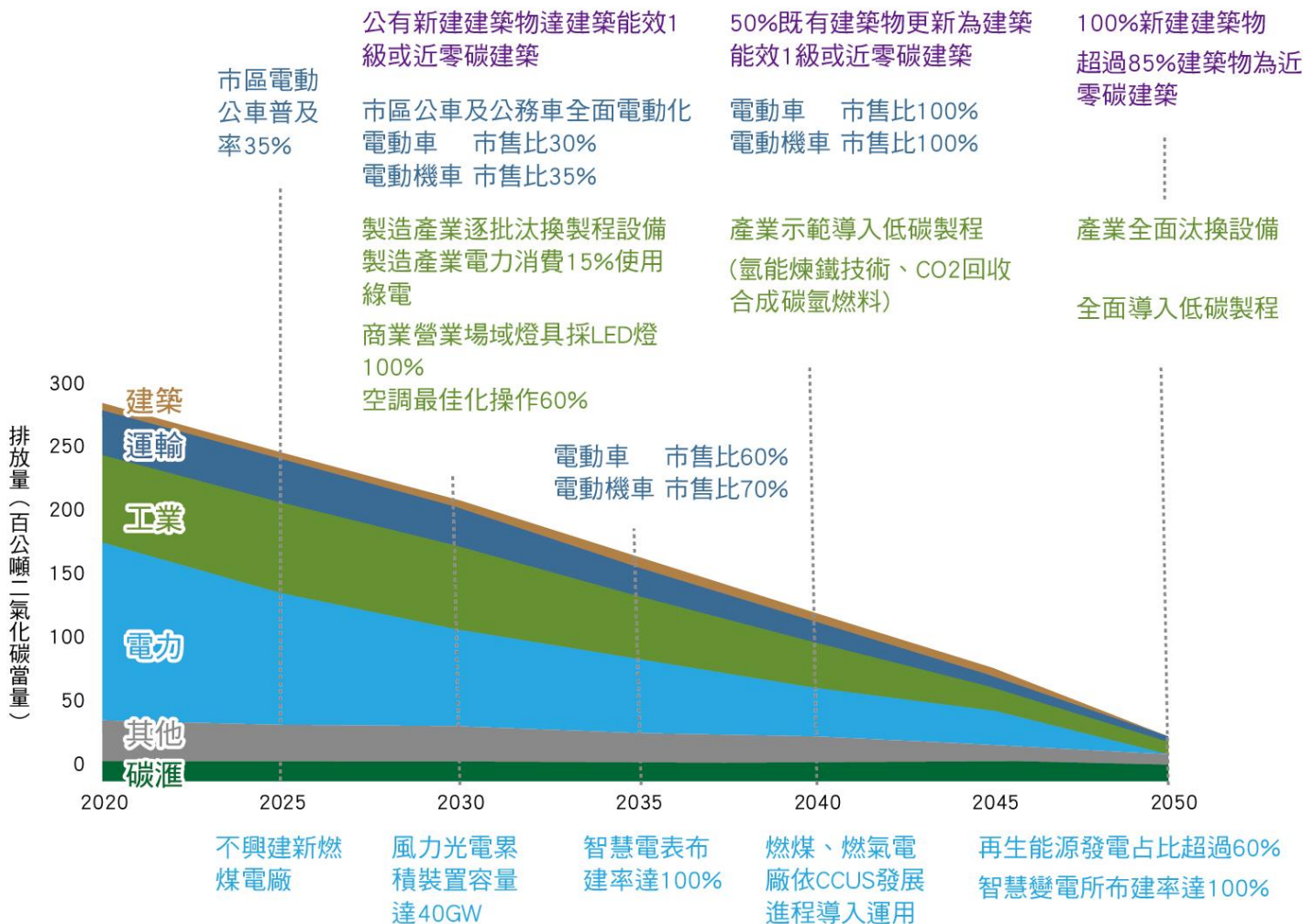
提升能效，燃料轉換，循環經濟，創新製程

**電力** 

再生能源持續擴大，發展新能源科技、儲能、升級電網

**負碳技術**

2030進入示範階段  
2050進入普及階段





# 臺灣2050 淨零轉型

## 十二項關鍵戰略

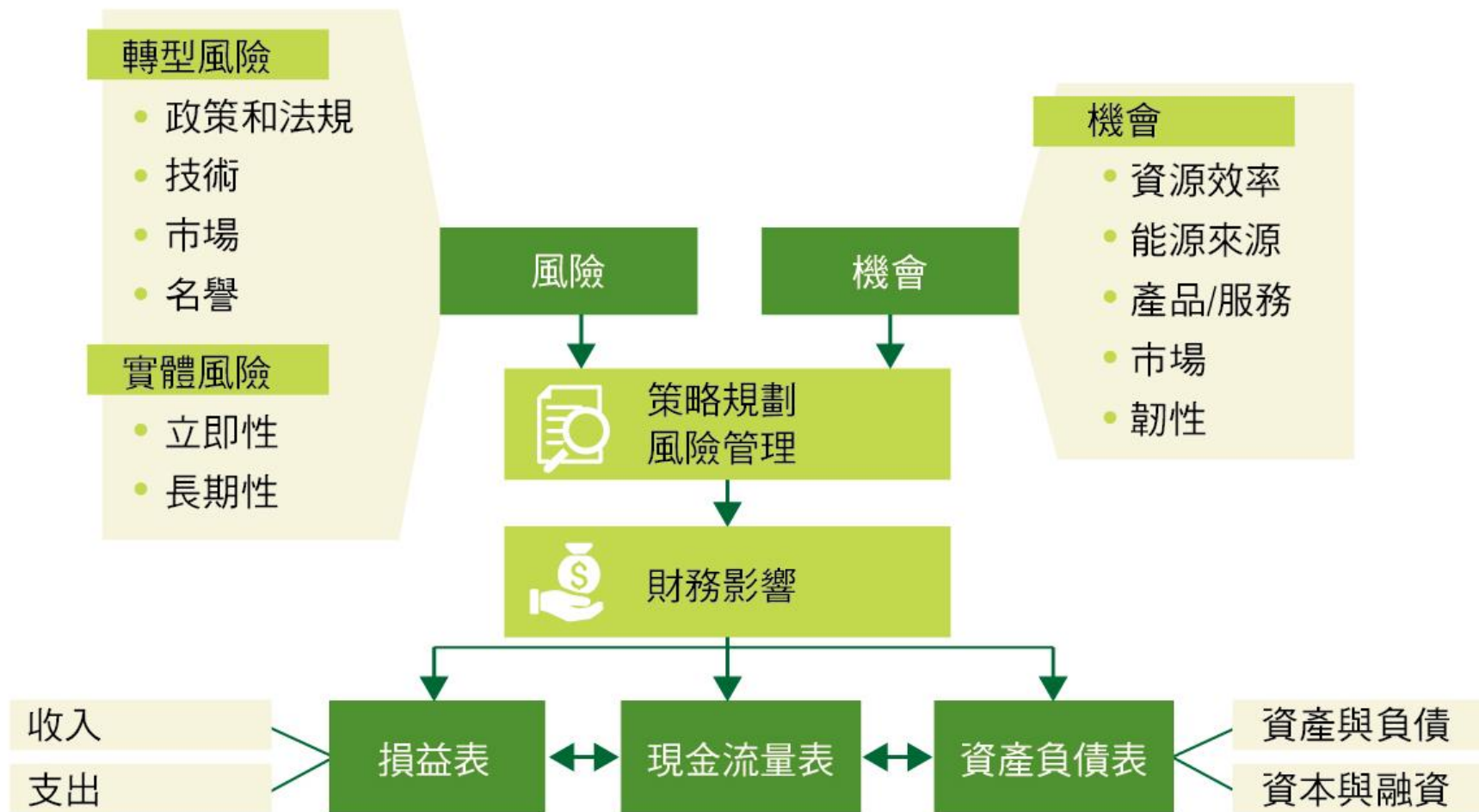




# 氣候變遷連結企業永續

氣候變遷因應唯有企業的因應與投入，  
才能夠真正落實

# 企業參與是全球減碳的真實動力



TCFD 的企業氣候風險與機會的框架

# 企業面臨的碳管理挑戰

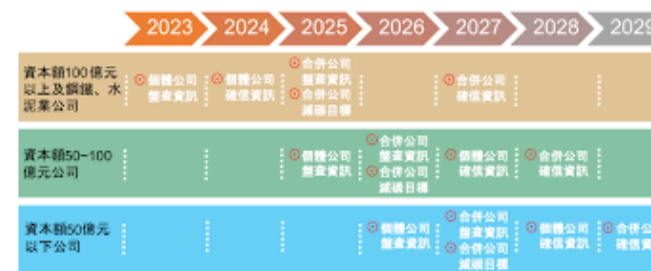
## ◆ 國際發展趨勢

- COP26(格拉斯哥氣候協定)、COP27(損害賠償)、COP28(能源系統脫離化石燃料)
- CBAM(歐盟邊境碳稅)



## ◆ 國內法規與政策

- 氣候變遷因應法：2050淨零排放入法
- 環境部：針對年排放量2.5萬噸以上廠商徵收碳稅
- 金管會：上市櫃公司永續發展路徑圖



## ◆ 客戶對供應鏈的減碳要求

- Apple、台積電等大客戶宣告碳中和或淨零排放後，壓力直接快速轉嫁至供應鏈



## ◆ 新議題與不確定因素

- 國內「碳權」交易訊息混亂，隱藏詐騙風險
- 歐盟與國際「漂綠」疑慮法制化



# 溫室氣體盤查：從範疇1, 2到範疇3

## 範疇1

直接



公司設施



公司運具

報告的公司

## 範疇2

間接



外購並自用之電力、蒸汽、加熱、冷卻

上游活動

## 範疇3

間接



投資



專櫃



租賃資產



售出產品之最終處理



售出產品的使用



售出產品的加工



運輸與配送

下游活動

## 範疇3

間接



購買的產品與服務



資本財



燃料與能源相關



運輸與配送



營運廢棄物



業務旅行



員工通勤

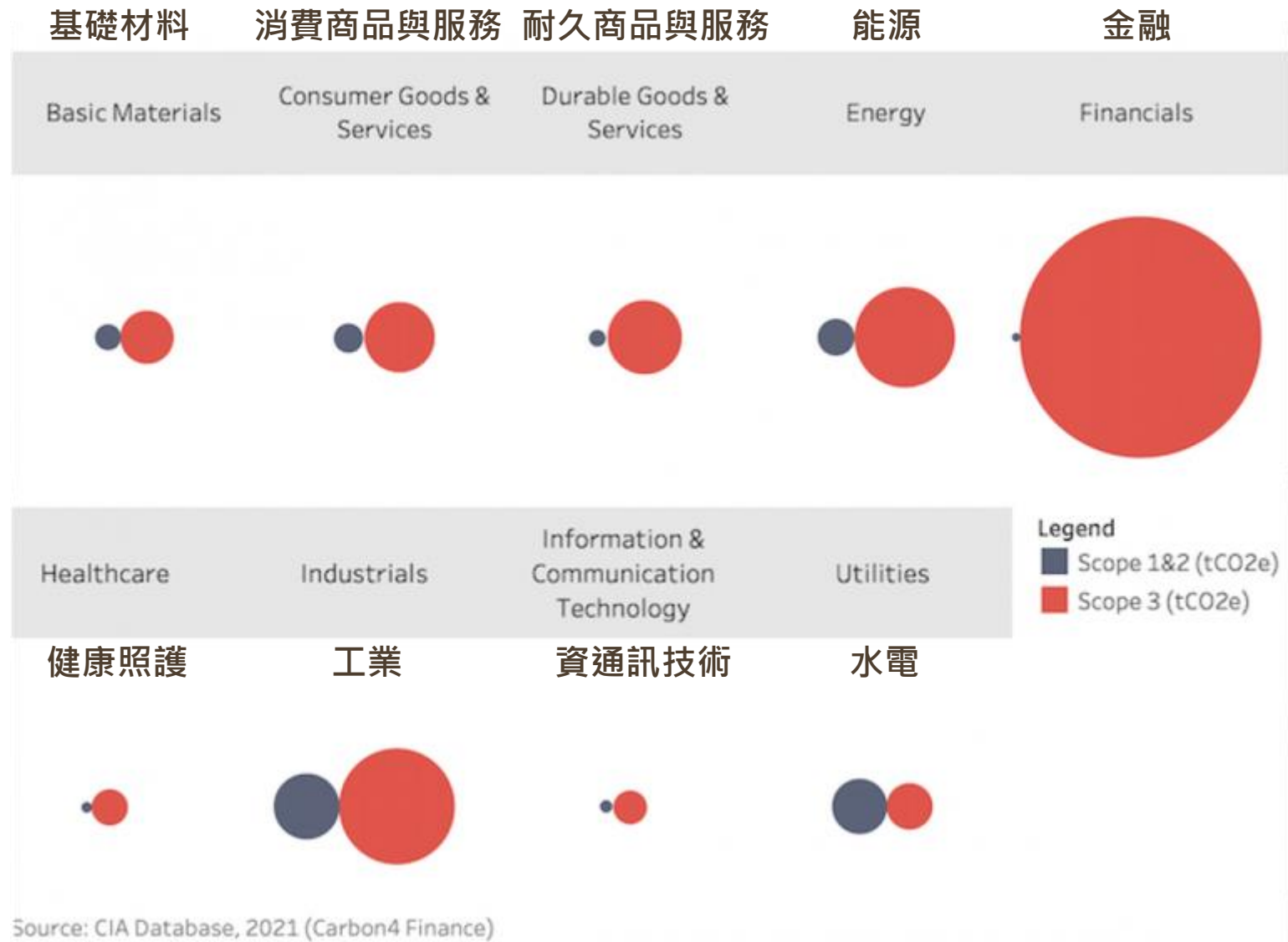


租賃資產





# 不同行業的範疇 1+2 vs. 範疇 3



# 金融界需直接面對範疇三

- ◆ 金融業絕大部分的碳排放均為範疇三
- ◆ 碳核算金融聯盟 (Partnership for Carbon Accounting and Financials, PCAF) 於2020年發布《金融業全球溫室氣體盤查和報告準則》，要求金融機構將投融資對象之碳排放依照比例折算為自己的範疇三排放，以建立一致性與可比較性。



# COP28決議：轉型脫離化石燃料



*transitioning away from fossil fuels in energy systems, in a just, orderly and equitable manner...*

## ◆ COP會議首次將化石燃料列入

□ 表述為：「進行能源系統轉型、脫離化石燃料（Transitioning away from fossil fuels in energy systems），並以**公正、有序且公平**的方式，以科學為基礎，在這關鍵的10年加速行動，以利在2050年實現淨零排放。」

## ◆ 加速運用各種方法達到淨零排放

- 2030年前，全球再生能源成長2倍、能源效率提高1倍；
- 加速逐步淘汰未減排煤炭(phase out unabated coal)；
- 加速零排放或低排放技術，包含再生能源、核能、低碳氫能生產、碳減排及除碳科技，如碳捕捉、再利用及碳封存，特別是難減排的產業。
- 在2030年前，加速並大量減少CO<sub>2</sub>以外的溫室氣體排放，特別是甲烷排放量。

# 全球因應氣候變遷的基礎系統分析

◆ 尺度：全球、國家、企業

◆ 主要系統類別

□ 自然系統

- 大氣碳循環系統
- 全球生態系統

□ 社會系統（經濟、法律、政治）

- 化石燃料驅動的全球經濟體系（正朝再生能源轉型中）
- 聯合國體系(UNFCCC)下的各國碳排放管制

□ 企業系統

- 企業符合國際倡議與各國法規
- 各種與永續和氣候相關的揭露

◆ 系統目標

- 全球大氣溫室氣體濃度低於某上限值
- 全球升溫幅度低於某上限值

◆ 系統限制條件

- 全球單一大氣層
- 公正轉型、共融原則



SCIENCE  
BASED  
TARGETS  
DRIVING AMBITIOUS CORPORATE CLIMATE ACTION



EQUATOR  
PRINCIPLES



IIGCC  
Institutional Investors Group on Climate Change



IFRS<sup>®</sup>  
Sustainability



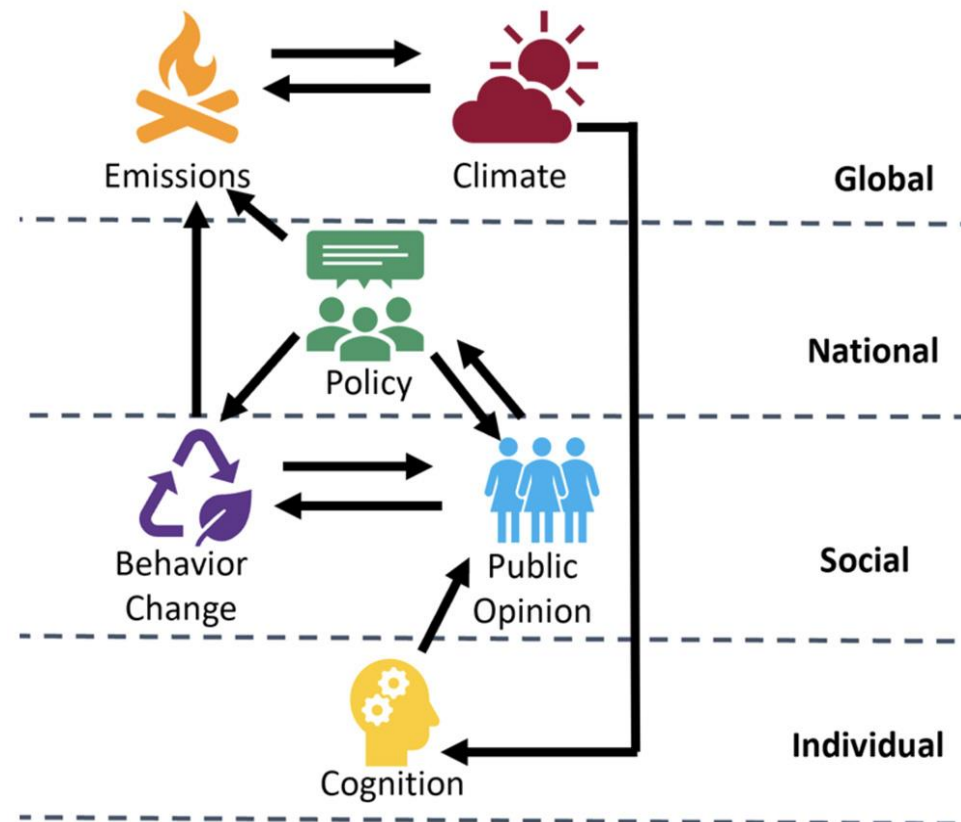
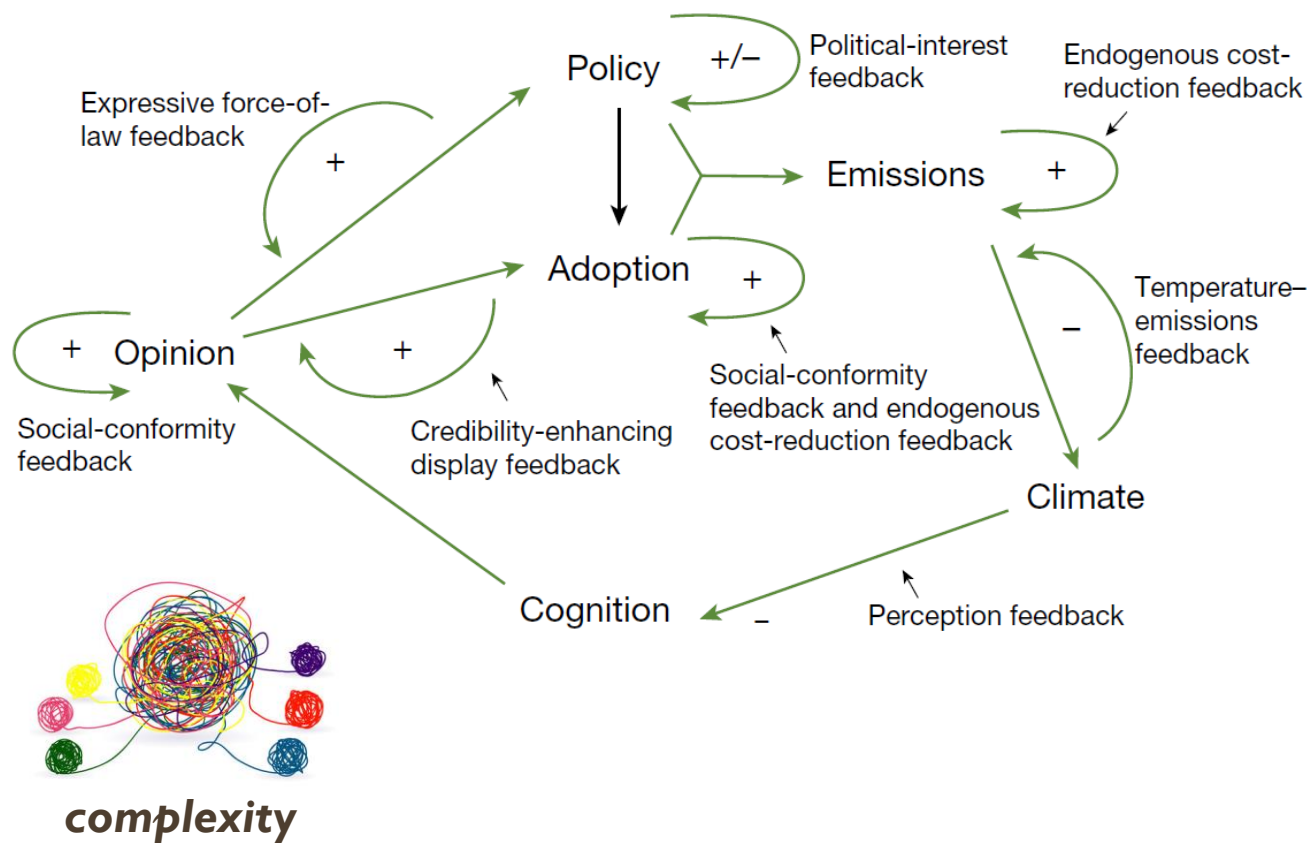


# 以系統思考 和批判思考 因應 氣候變遷

氣候是一個複雜系統，必須使用系統思考與批判思考，才能訂出適當的戰略與戰術，成功達成目標

# 氣候變遷是複合系統

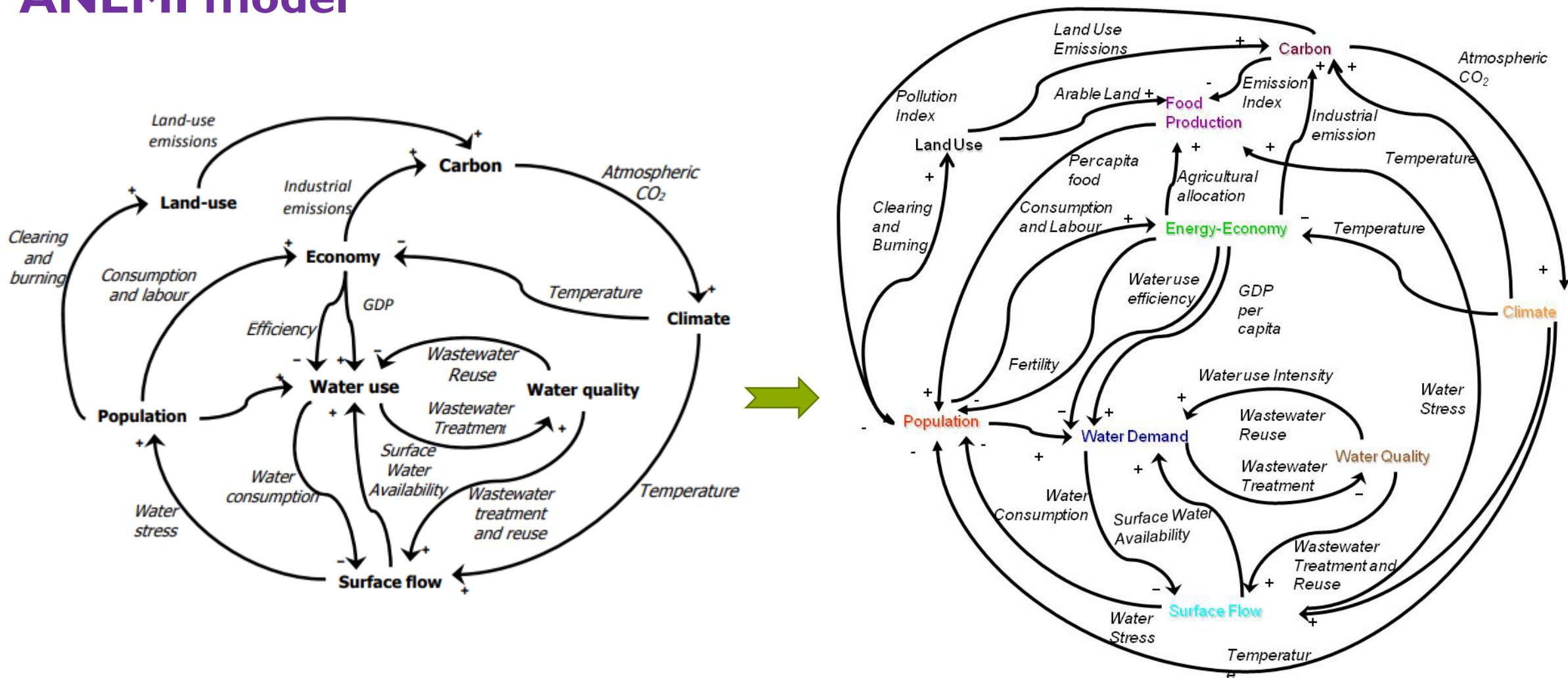
氣候、排放、政策、公眾認知、經濟社會.....多重回饋、無明確答案



資料來源：Moore, F. C., Lacasse, K., Mach, K. J., Shin, Y. A., Gross, L. J., & Beckage, B. (2022). Determinants of emissions pathways in the coupled climate–social system. *Nature*, 603(7899), 103-111  
 Moore, F. C., How to model society's response to climate change, 2022, <https://www.carbonbrief.org/guest-post-how-to-model-societys-response-to-climate-change/>

# 早年的氣候、生態與社會領域的互動模型

## ANEMI model

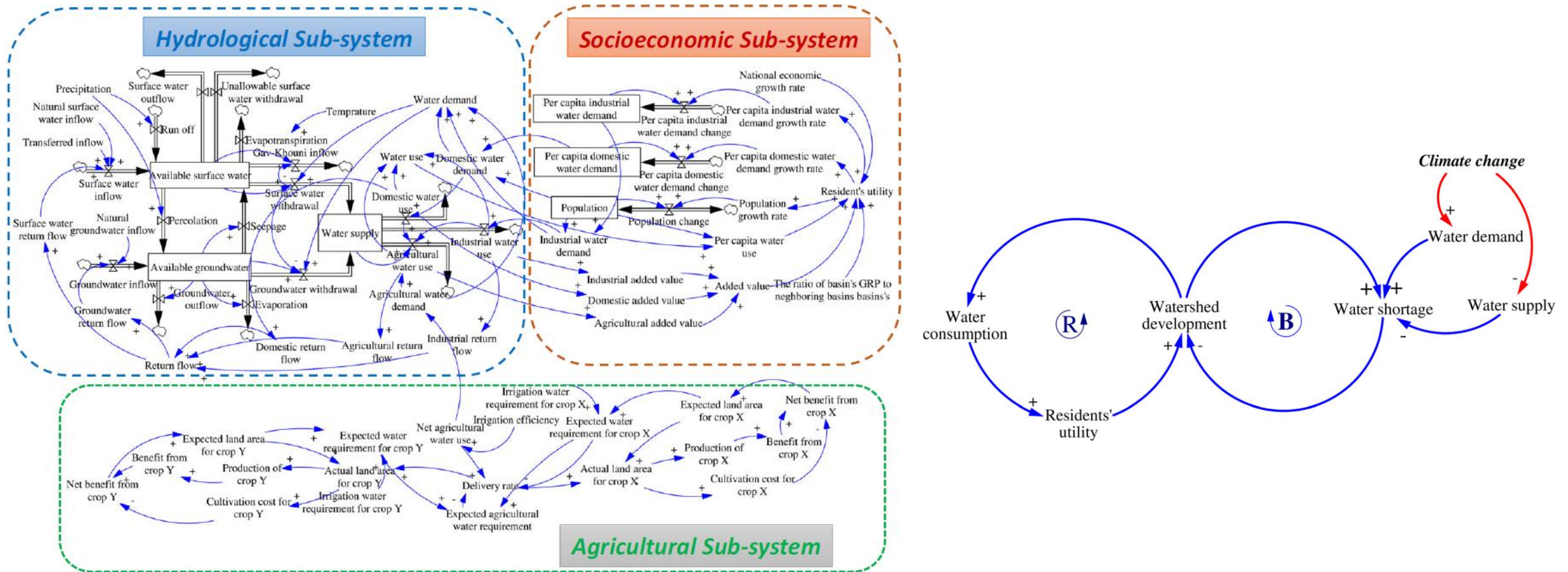


資料來源：Davies, E. G., & Simonovic, S. P. (2010). ANEMI: a new model for integrated assessment of global change. *Interdisciplinary Environmental Review*, 11(2-3), 127-161.

Simonovic, S. P., *System dynamics modelling of interactions within the society-biosphere-climate system*, Understanding Climate Change from Data, Minneapolis, U.S., Aug 2012

# 綜合系統動力學模型同樣應用於調適

氣候變遷介入原有系統：調適的意義...變化<sup>3</sup>

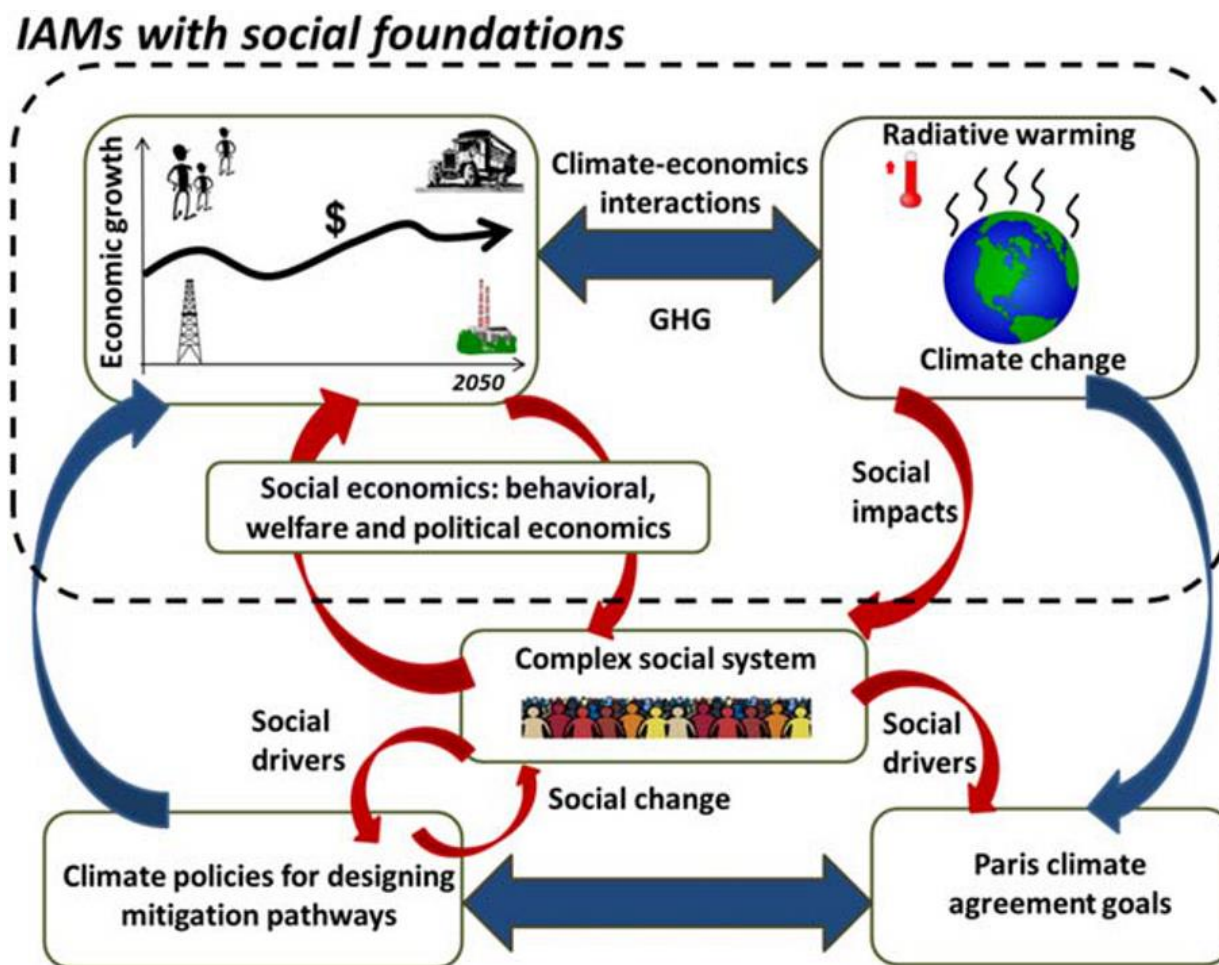


資料來源：Gohari, A., Mirchi, A., & Madani, K. (2017). System dynamics evaluation of climate change adaptation strategies for water resources management in central Iran. *Water Resources Management*, 31, 1413-1434.



# 在整合模型中融入社會基礎

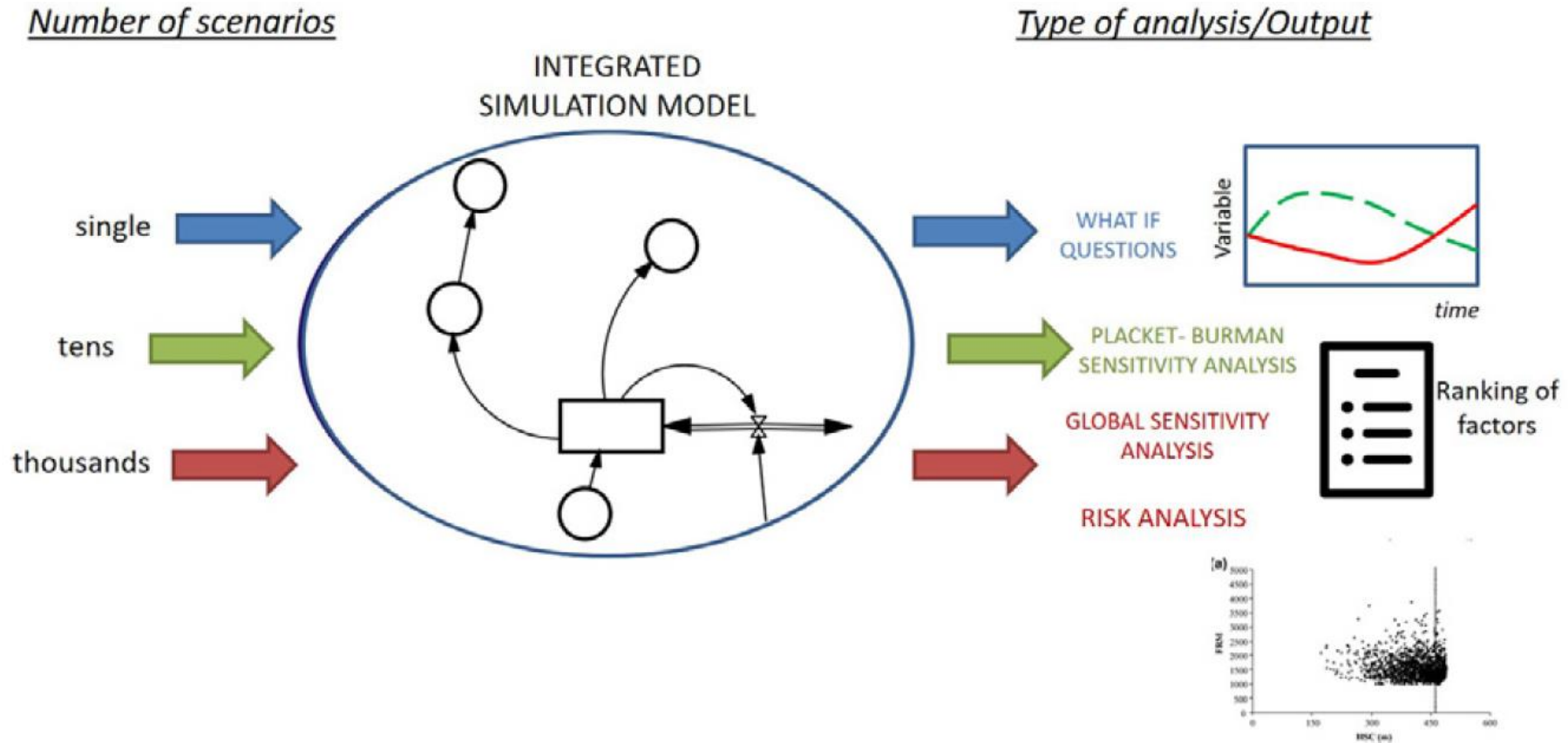
在IAM (Integrated assessment models) 中加入行為、福祉與政治經濟要素



資料來源：Mathias, J. D., Debeljak, M., Deffuant, G., Diemer, A., Dierickx, F., Donges, J. F., ... & Videira, N. (2020). Grounding social foundations for integrated assessment models of climate change. *Earth's Future*, 8(7), e2020EF001573.

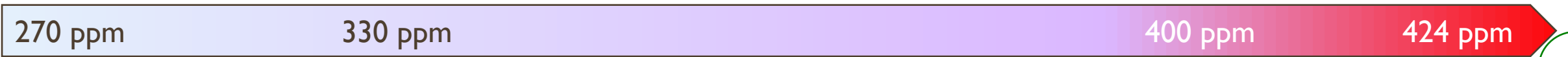
# 運算能力提升後的近年的氣候系統動力模型

充分運用各種複合模型與演算法，執行眾多情境與綜合結果分析



# 鑑古知今：不同發展軸線的歷史交會

永續發展、氣候變遷、企業責任、生物多樣性、生成式AI



# AI是氣候變遷的煞車還是加速器？

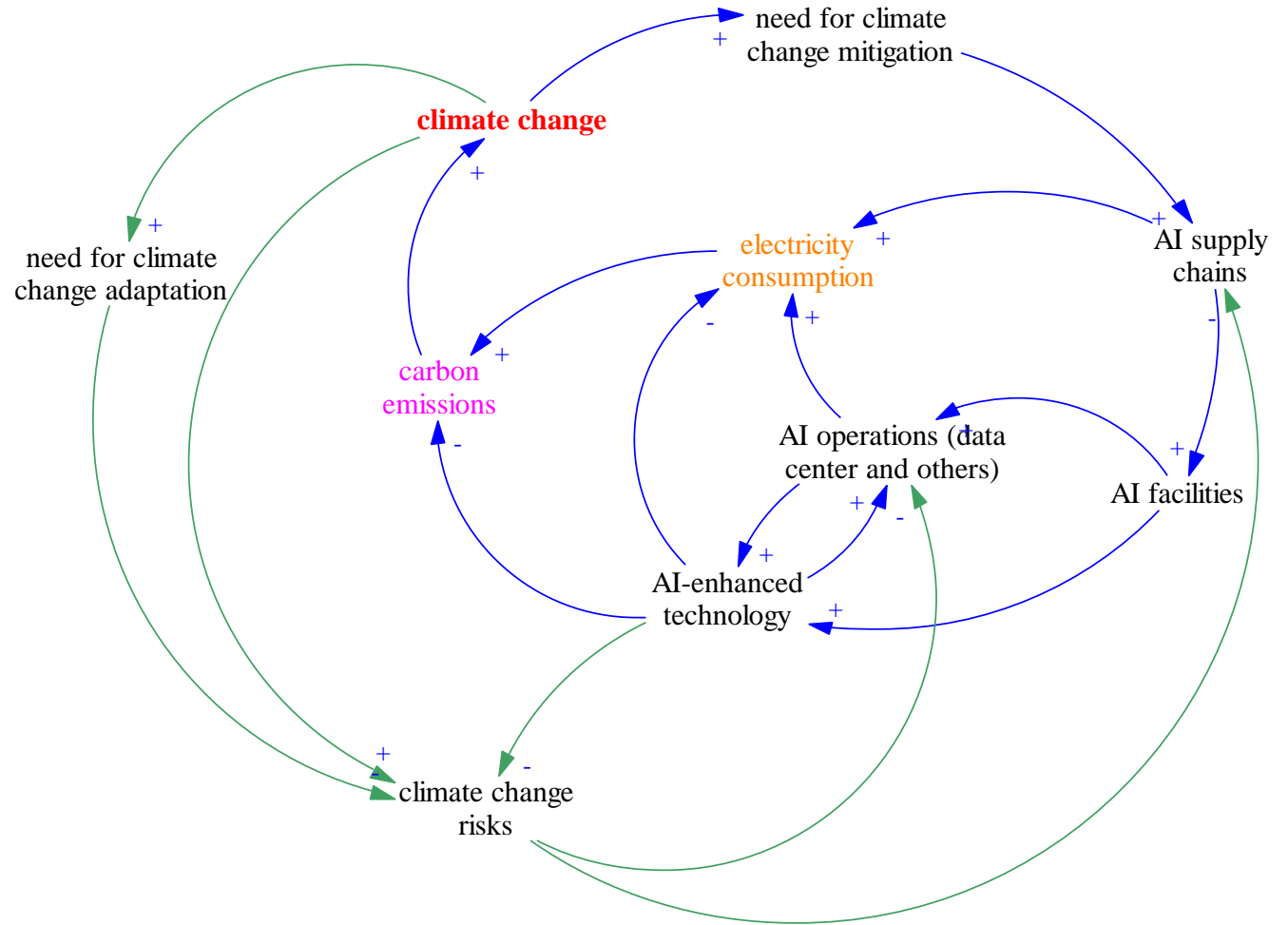
可運用系統動力學界定核心關聯

## ◆ AI幫助減碳

- 2030年前，AI可以協助削減全球10%的碳排放（相當於歐洲排放量）
- AI可以讓製程、能源管理、物料使用等智慧化，降低碳排放。

## ◆ AI製造碳排放

- 目前AI使用的電力佔全球2.5-3.7%，到2040年時佔14%。
- 譬如ChatGPT等生成式AI的訓練、大量AI伺服器與資料中新的設置，均大量增加用電與碳排放。



資料來源：The Guardian, AI likely to increase energy use and accelerate climate misinformation, 2024/3/7, <https://www.theguardian.com/technology/2024/mar/07/ai-climate-change-energy-disinformation-report>

# AI是氣候變遷的煞車還是加速器？

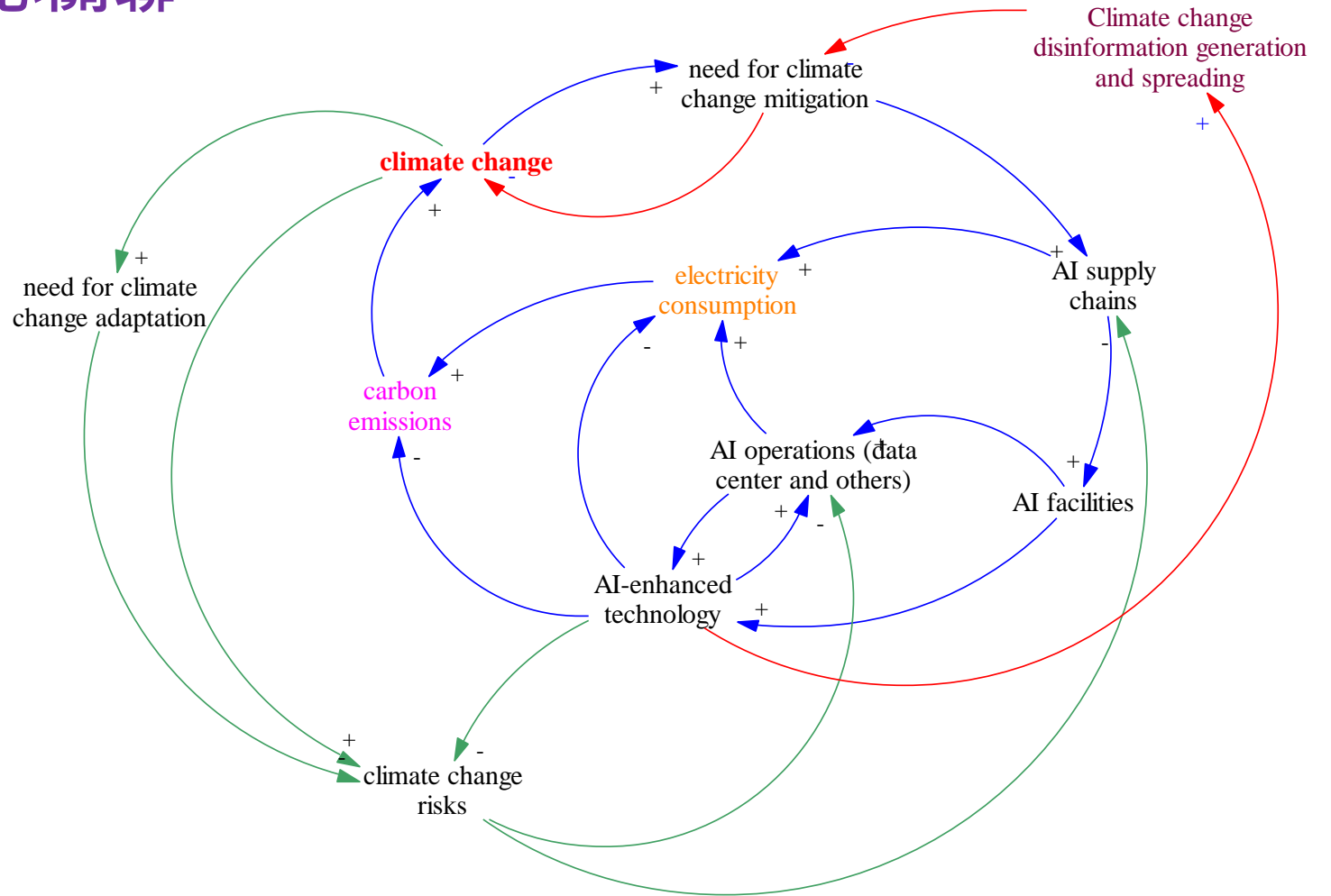
## 可運用系統動力學界定核心關聯

◆ AI幫助減碳

◆ AI製造碳排放

◆ AI協助製造虛假資訊

- 已有氣候科學反對論者運用AI大量製造反對因應氣候變遷的虛假訊息，在網路世界中傳播。
- 這些虛假訊息透過輿論操弄與政治手段，進一步阻止更多政府、組織、人因應氣候變遷，進而讓情況惡化。



# 每一個歷史決策點都影響未來

